



University of Zagreb

GRAFIČKI FAKULTET

Suzana Pasanec Preprotić

# **ČVRSTOĆA KNJIŽNOG BLOKA U OVISNOSTI O STARENJU**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2012. godina



University of Zagreb

FACULTY OF GRAPHIC ART

Suzana Pasanec Preprotić

**BOOK STRENGTH IN RELATION TO  
THE AGEING PROCESS**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2012



Sveučilište u Zagrebu

GRAFIČKI FAKULTET

SUZANA PASANEC PREPROTIĆ

# **ČVRSTOĆA KNJIŽNOG BLOKA U OVISNOSTI O STARENJU**

DOKTORSKI RAD

Mentor: prof. dr. sc. Darko Babić, dipl.ing.str.

Zagreb, 2012.



University of Zagreb

FACULTY OF GRAPHIC ART

Suzana Pasanec Preprotić

# **BOOK STRENGTH IN RELATION TO THE AGEING PROCESS**

DOCTORAL THESIS

Supervisor: Professor, D. tech. Sc. Grad. M.E. Darko Babić

Zagreb, 2012



**UDK br.: 686.1:620.1**

***Povjerenstvo za ocjenu i obranu doktorske disertacije:***

1. prof. dr. sc. Branka Lozo, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, predsjednica
2. prof. dr. sc. Darko Babić, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, mentor
3. prof. dr. sc. Diana Gregor Svetec, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, vanjska članica
4. prof. dr. sc. Nina Knešaurek, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, zamjenska članica
5. prof. dr. sc. Vinko Barić, Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet, zamjenski vanjski član

***Datum obrane doktorske disertacije:*** 15. veljače 2012.g.

***Mjesto obrane doktorske disertacije:*** Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet

***Povjerenstvo za obranu doktorske disertacije donijelo je sljedeću odluku:***

„Obrabila – jednoglasnom odlukom Povjerenstva“

***Zagreb, 15. veljače 2012.***

*Zahvaljujem mojem suprugu Branimiru na strpljenju, podršci i korisnim kritičkim osvrtima. Zahvaljujem svojim roditeljima koji su me emocionalno podržavali tijekom izrade disertacije.*

*Zahvaljujem na strpljenju i razumijevanju dr. sc. Darku Babiću, red. prof. voditelju rada, koji mi je pomogao formulirati temu istraživanja, savjetovao me i podržavao za vrijeme izrade disertacije.*

*Također zahvaljujem svima koji su mi pomogli u radu, osobito dr. sc. Diani Gregor-Svetec, red. prof., dr. sc. Branki Lozo, izv. prof. i dr. sc. Miroslavu Goji, red. prof. na korisnim savjetima.*

*Zahvaljujem također g. Marijanu Kuncu, g. Miroslavu Mandaliniću, g. Milanu Taradžiću, g. Zlatku Iličkoviću, gđi. Jasni Zvonar (Pasanec d.o.o., Velika Gorica) na pomoći i uzorcima knjiga za istraživanje, te djelatnicima Grafičkog fakulteta – Zagreb, Fakulteta strojarstva i brodogradnje - Zagreb, i Sveučilišta u Ljubljani, Odjelu za tekstil Naravoslovnotehniškog fakulteta na ustupljenim uređajima i provedenim mjerenjima bez kojih se ovo istraživanje ne bi moglo provesti. Posebno se zahvaljujem doc. dr. sc. Sanji Mahović-Poljaček, doc. dr. sc. Željki Barbarić-Mikočević, dr. sc. Branki Lajić, mr. sc. Elizabeti Rybak-Budić, doc. dr. sc. Vesni Džimbek-Malčić, dr. sc. Raheli Kulčar, dr. sc. Sonji Jamnicki, dr. sc. Maji Brozović, izv. prof., gđi. Maji Jakovljević, dipl. graf. ing., gđi. Lei Tijan, dipl. iur., gđici Dajani Kučić, dipl. ing. kem. teh., g. Tomažu Stergaru, g. Tomislavu Ciguli, dipl. graf. ing., mr. sc. Ivanu Budimiru, g. Tigranu Jokiću, dipl. ing. stroj., dr. sc. Igoru Majnariću, i g. Kristijanu Goluboviću, dipl. graf. ing., koji su me podržavali za vrijeme izrade disertacije.*

## SAŽETAK

Vrednovanje čvrstoće knjižnog bloka ovisno o godini starenja provedena je metodama koje su omogućile detaljnu analizu mekog uveza prije i nakon starenja, u uvjetima visoke relativne vlage zraka od 90% i temperature zraka od 23°C (eng. *high moisture ageing*). Određivanje utjecajnih parametara općih, kemijskih, površinskih i mehaničkih svojstava papira poslužilo je za potrebe utvrđivanja vrijednosti rezultata čvrstoće knjižnog bloka prije i nakon starenja. Mjerenja su provedena na knjižnim blokovima i dobiveni su rezultati čvrstoće slijepljenog spoja s obzirom na njegov položaj u knjižnom bloku. Određene vrste papira korištene su u tehnološkom procesu lijepljenja knjižnog bloka. Lijepljenje knjige provedeno je u standardiziranim uvjetima tehnološkog procesa i pripreme materijala (papir, taljivo ljepilo). Dosadašnja istraživanja isključivo su usmjerena na vrednovanje čvrstoće knjižnog bloka obzirom na praćenje određenih parametara svojstava papira. Istraživanja u ovom radu usmjerenja su na analizu promjene rezultata čvrstoće knjižnog bloka ovisno o trendu starenja papira. Papiri su izloženi utjecajima visoke relativne vlažnosti zraka od 90% i temperature zraka od 23°C za različite vremenske periode (godine starenja). Rezultati čvrstoće slijepljenog spoja prije i nakon starenja za određene vrste papira dobiveni su na kidalici (*pull tester*). Provedena je mikroskopska analiza presjeka površine lista papira. Optičke snimke uzoraka nakon ohrapavljenja (prije kidanja), prije i nakon starenja pokazale su dimenzionalnu promjenu njegova presjeka. Također je provedena mikroskopska analiza površine linije uvezivanja lista papira u svrhu procjene načina popuštanja slijepljenog spoja. Slikovni prikaz korišten je isključivo za potrebe procijene načina kidanja lista papira obzirom na vrednovanja rezultata čvrstoće knjižnog bloka.

Nakon provedenih istraživanja i analiziranja konstatiran je različiti trend starenja čvrstoće knjižnog bloka s obzirom na vrstu papira. Procjena trenda promjene čvrstoće knjižnog bloka starenjem u izravnoj je funkcijskoj ovisnosti o fizikalnim promjenama svojstava papira nakon starenja.

Povećanje vlage u papiru izravno je dovelo do promjene njegovih mehaničkih svojstava koja izravno utječu na promjenu trenda starenja čvrstoće knjižnog bloka.

Analizom rezultata istraživanja utvrđeno je da rezultati širine presjeka lista papira mogu biti dodatan pokazatelj u vrednovanju čvrstoće knjižnog bloka. Konstatirano je kako iste

vrste papira daju različite rezultate čvrstoće koji nisu sukladni s rezultatima mjerenja svojstava papira. Slikovnom analizom uzoraka utvrđeno je da ne postoji naznaka trenda smanjenja čvrstoće knjižnog bloka starenjem s obzirom na degradaciju ljepila jer ono nema tendenciju promjene fizikalno-kemijskih svojstava starenjem.

**Ključne riječi:** meko uvezana lijepljena knjiga, čvrstoća slijepljenog spoja, svojstva papira, čvrstoća knjižnog bloka ovisno o starenju

## SUMMARY

Valuation of text block adhesive binding strength dependence on ageing process has been carried out by using methods which have provided a detailed analysis binding edge of single leaf before and after accelerated ageing process (high moisture ageing). Paper relevant parameters have been determined general, chemical, surface and mechanical properties. Paper properties have been served for text block adhesive binding strength evaluation before and after ageing process. Measurements have provided on text blocks and adhesive joint strength results have been obtained depends on single leaf position. Specific papers nomenclature has been used into paperbacks “perfect binding” method. Binding technological process and materials preparation (paper, HMA) were been regular conditions. Considering the fact that previous researches focuses mainly on monitoring the relevant paper properties affecting on text block adhesive binding strength before ageing process. This research was directed exclusively on the analysis of adhesive joint strength results deviation dependence on ageing trends.

The adhesive joint strength results for certain paper nomenclature have been performed on pull tester and single leaf cross section analysis has been carried by optical microscopy. Optical images of sample after roughening treatment, before and after ageing process have been showed cross section dimensional changes. Also microscopy analysis has been carried out on single leaf binding edges intent to evaluation of adhesion/cohesion strength relaxation. Image analysis were been carried exclusively in function of text block binding strength evaluation and valuation.

This researches and test results analysis were been concluded the different text block binding strength ageing trend with respect to paper nomenclature. The ageing trends evaluation is direct function of paper physical ageing intensity. The paper moisture increasing was been asserted direct changes its mechanical properties, and its properties have direct impact on ageing trends.

The results have shown that wide cross section single leaf results may be additional indicator in the valuation of text block binding strength. The same papers nomenclature have shown different measurement results which non-compliant with paper properties results. Sample image analysis has been found that adhesive properties had no impact on ageing trends deviation.

**Keywords:** paperback, adhesive joint strength, paper properties, book strength in relation to the ageing process

## SADRŽAJ

<b>1.UVOD</b>	3
1.1.SVRHA ISTRAŽIVANJA	3
1.2.ZADATAK ISTRAŽIVANJA	4
1.3.HIPOTEZA	5
<b>2.TEORIJSKI DIO</b>	6
2.1.TEHNOLOŠKI ASPEKTI MEKO UVEZANE LIJEPLJENE KNJIGE	7
2.2.SVOJSTAVA MATERIJALA	13
2.2.1.Papir	13
2.2.2.Taljivo ljepilo ( <i>hot-melt</i> )	19
2.3.MEHANIČKA TEORIJA ADHEZIJSKOG SPAJANJA	23
2.4.UTJECAJ MEHANIČKIH SVOJSTAVA PAPIRA NA PROMJENU ČVRSTOĆE SLIJEPLJENOG SPOJA	26
2.5.PROMJENA ČVRSTOĆE SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA DIMENZONALNU STABILNOST PAPIRA	28
2.6.ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA PROMJENU ČVRSTOĆE KNJIŽNOG BLOKA KOD METODE UVEZIVANJA KNJIGE POZNATE KAO <i>PERFECT BINDING</i>	31
2.7.KVALITETA, EVALUACIJA I KONTROLA MEKO UVEZANE LIJEPLJENE KNJIGE	33
2.8.UBRZANO STARENJE U FUNKCIJI PROMJENE KVALITETE MEKO UVEZANE LIJEPLJENE KNJIGE	35
2.9.LINEARNA REGRESIJA	37
<b>3.EKSPERIMENTALNI DIO</b>	38
3.1.PRISTUP PROBLEMU	38
3.2.MATERIJALI I UREĐAJI	38
3.2.1.Oblikovanje knjige, izbor tehnologije uveza i korišteni materijali	38
3.2.2.Korišteni uređaji	43
3.3.IZBOR METODA U VALORIZACIJI I EVALUACIJI ČVRSTOĆE KNJIŽNOG BLOKA	45
3.3.1. Određivanje svojstava papira	49
<b>4.REZULTATI ISTRAŽIVANJA</b>	50
4.1.MJERENJA I MIKROSKOPSKA ANALIZA PROMJENE ČVRSTOĆE SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE ZA PAPIR N_80	51
4.2.MJERENJA I MIKROSKOPSKA ANALIZA PROMJENE ČVRSTOĆE SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE ZA PAPIR N_100	66
4.3.MJERENJA I MIKROSKOPSKA ANALIZA PROMJENE ČVRSTOĆE SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE ZA PAPIR P_115	81

4.4.MJERENJA I MIKROSKOPSKA ANALIZA PROMJENE ČVRSTOĆE SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE ZA PAPIR P_150.....	96
4.5.MJERENJA I MIKROSKOPSKA ANALIZA PROMJENE ČVRSTOĆE SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE ZA PAPIR V_80.....	111
4.6.VALORIZACIJA ČVRSTOĆE KNJIŽNOG BLOKA S OBZIROM NA VRSTU PAPIRA.....	126
4.7.MJERENJA OPĆIH, KEMIJSKIH, POVRŠINSKIH I MEHANIČKIH SVOJSTAVA PAPIRA.....	127
<b>5.RASPRAVA.....</b>	<b>134</b>
5.1.ANALIZA REZULTATA ČVRSTOĆE SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE ZA PAPIR N_80.....	135
5.2.ANALIZA REZULTATA ČVRSTOĆE SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE ZA PAPIR N_100.....	138
5.3.ANALIZA REZULTATA ČVRSTOĆE SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE ZA PAPIR P_115 .....	141
5.4.ANALIZA REZULTATA ČVRSTOĆE SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE ZA PAPIR P_150 .....	144
5.5.ANALIZA REZULTATA ČVRSTOĆE SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE ZA PAPIR V_80.....	147
5.6.ANALIZA REZULTATA SVOJSTAVA PAPIRA U FUNKCIJI VALORIZACIJE I EVALUACIJE PROMJENE ČVRSTOĆE SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE.....	149
5.6.1. <i>Analiza rezultata čvrstoće slijepljenog spoja s obzirom na položaj lista (A-J) u knjižnom bloku.....</i>	<i>152</i>
5.6.2. <i>Uspoređivanje rezultata širine presjeka lista papira u svrhu valorizacije čvrstoće slijepljenog spoja.....</i>	<i>152</i>
<b>6.ZAKLJUČAK.....</b>	<b>155</b>
<b>7.LITERATURA .....</b>	<b>160</b>
Popis slika.....	168
Popis grafikona.....	171
Popis histograma.....	172
Popis tablica.....	175
Prilozi.....	176
Životopis.....	192
Popis objavljenih radova.....	193

# 1. UVOD

## 1.1. SVRHA ISTRAŽIVANJA

Suvremena industrijska proizvodnja teži bržoj, jeftinijoj i kvalitetnijoj proizvodnji. Da bi se to postiglo, istražuju se novi materijali, nove tehnologije i nova projektna i konstruktivna rješenja. Tako je i u grafičkoj knjigoveškoj proizvodnji. Svakodnevno se povećava broj knjiga koje treba uvezati u sve većim nakladama. Naravno, traži se jeftino, brzo i kvalitetno rješenje. Jedan od nesumnjivo jeftinijih načina uveza je lijepljena meko uvezana knjiga, koja u odnosu na šivanu meko uvezanu knjigu ima manji broj tehnoloških operacija, i kraći je postupak uveza. No, nedostatak svakog materijala, pa tako ljepila i papira, je starenje. Kako je pri lijepljenju prisutan cijeli niz uvjeta pripreme, kao što je odabir ljepila ovisno o papiru, otvoreno i zatvoreno vrijeme lijepljenja, temperatura ljepila, tehnološka obrada papira na mjestu lijepljenja i dr., tako i vrijeme propadanja slijepljenog spoja može već u samoj izradi meko uvezane knjige zbog loše odabranih parametara izrade biti ubrzano. Već iz ovih nekoliko uvodnih riječi vidi se da velik broj parametara sudjeluje ne samo u čvrstoći slijepljenoga knjižnog bloka pri izradi knjige, nego oni bitno djeluju i na vrijeme trajanja zadovoljavajuće čvrstoće knjige. U ovoj će se disertaciji parametri obrade hrpta knjižnog bloka, nanošenja ljepila i brzine rada prilagoditi istraživanjima koja su provedena i koja su poznata iz literature. No u poznatoj i dostupnoj literaturi nigdje nije sustavno promatrano starenje uvijek jednako definirane obrade, lijepljenja i brzine rada uz promjenu temperature i vlage. Različite vrste papira različite relativne vlažnosti zraka, temperature i vremena starenja sigurno će dati sistematizirane podatke koji će nam ukazati na to kako izraditi lijepljenu meko uvezanu knjigu koja će imati željenu trajnost. To se nigdje u dostupnoj literaturi ne obrađuje sistematično, pa je ovo istraživanje sigurno znanstveni doprinos grafičkoj struci.

Istraživanje se temelji na promatranju starenja kao funkcije kvalitete materijala (papir-ljepilo) i obrade hrpta knjižnog bloka. Prema očekivanju, istraživanje bi trebalo imati linearan karakter. Budući da osim ta dva parametra na starenje djeluju i vrijeme starenja, relativna vlažnost zraka i temperatura, linearnost ove krivulje je upitna. Istraživanjem treba ispitati kakvog je karaktera krivulja starenja uz promjenu svih spomenutih parametara.

Kako svaki materijal ima svoju brzinu starenja, pretpostavlja se da starenje slijepljenog knjižnog bloka ima brzinu starenja komponente koja je najslabija. Treba ispitati je li starenje rezultanta srednjih vrijednosti starenja pojedinih komponenti.

Istraživanjem će se utvrditi očekivano trajanje lijepljene meko uvezane knjige i odrediti u kojim će klimatskim uvjetima tako izrađena knjiga najdulje biti upotrebljiva ako se poštuje



kvaliteta papira, ljepila i obrade hrpta knjižnog bloka. Osim toga, moći će se definiranim odabirom ljepilo-papir već unaprijed odrediti duljina određene razine kvalitete lijepljene meko uvezane knjige.

## **1.2. ZADATAK ISTRAŽIVANJA**

Zadaci istraživanja usmjereni su na poboljšanje procesa uvezivanja meko uvezane lijepljene knjige i određivanja onih čimbenika koji direktno ili indirektno uzrokuju promjenu čvrstoće knjižnog bloka nakon procesa starenja.

Karakterizacija širine površine presjeka i površine linije uvezivanja provest će se odvojenim istraživanjima pomoću slikovnih analiza koje će omogućiti detaljnu evaluaciju površine pojedinačnog lista papira.

Uređaj za kidanje omogućit će praćenje promjene rezultata čvrstoće slijepljenog spoja s obzirom na položaj lista papira u knjižnom bloku. Grafički prikaz rezultata čvrstoće trebao bi odrediti postoji li korelacija između čvrstoće knjižnog bloka i starenja.

Vizualna procjena površine linije uvezivanja omogućit će praćenje učestalosti promjene popuštanja adhezijskog odnosno kohezijskog spoja. Ova metoda evaluacije daje detaljnu karakterizaciju i promjene uzrokovane starenjem meko uvezane lijepljene knjige.

Definiranjem relevantnih parametara svojstava papira nastojat će se odrediti postoji li izravna funkcijska ovisnost čvrstoće o vrsti papira prije starenja. Nadalje, vrednovanje rezultata linijske deformacije (istezanja) pojedinačnog lista papira prije i nakon starenja bit će korištena za utvrđivanje promjene rezultata čvrstoće slijepljenog spoja određene vrste papira.

### 1.3. HIPOTEZA

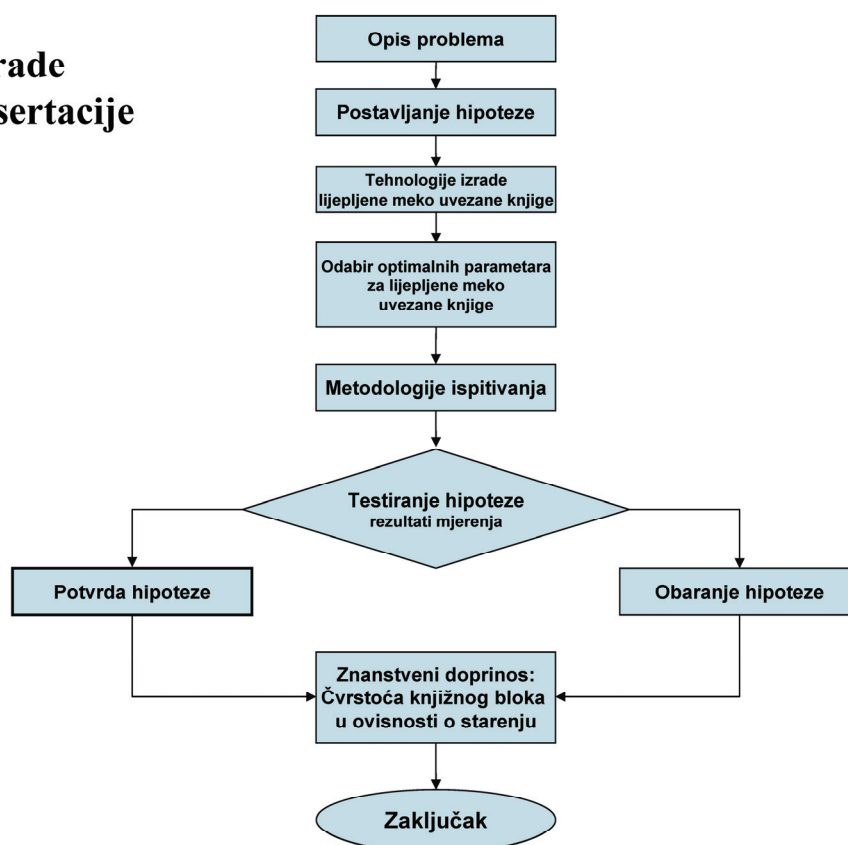
Pretpostavke na kojima se temelji ovo istraživanje su:

Starenje se promatra kao funkcija kvalitete materijala i obrade hrpta knjižnog bloka. Pretpostavlja se da funkcija ima linearan karakter. Nadalje osim vrste papira i vrste ljepila, na starenje utječe vrijeme, relativna vlažnost i temperatura zraka. Stoga je linearnost krivulje čvrstoće knjižnog bloka upitna. Istraživanjem se nastoji ispitati kakvog je u stvari karaktera krivulja starenja ako se uzmu u obzir svi spomenuti faktori.

Kako svaki materijal ima svoju brzinu starenja, pretpostavlja se da starenje slijepljenoga knjižnog bloka ima brzinu starenja komponente koja je najslabija.

Nadalje pretpostavlja se kako postoji određena povezanost između čvrstoće knjižnog bloka i starenja za sve vrste papira.

#### Struktura izrade doktorske disertacije



## 2. TEORIJSKI DIO

Današnji oblik knjige pojavljuje se u 5. stoljeću, kada kodeks u potpunosti potiskuje knjižne svitke. Karakteristike starorimskog diptiha znatno utječu na tehniku uvezivanja suvremene knjige. Korice kodeksa ukrašavaju se pločicama bjelokosti, plemenitim metalima i emajlom, dragim kamenjem te filigranskim radovima. Početkom 14. stoljeća, kožnate korice kodeksa najčešće se ukrašavaju decentnim linijama reza.[1]

Izdanje prve tiskane knjige, Gutenbergove Biblije, početak je potražnje knjiga na tržištu u drugoj polovici 15. stoljeća.[2] Razvitak tiskarstva i knjigoveštva izravan je doprinos razvitku znanosti. Elementi oblikovanja pisma i estetika uvezivanja knjige tada su bili temeljni kriteriji pri određivanju vizualne procjene kvalitete knjige.

U procvatu renesanse ravna ljepenka zamjenjuje drvene korice. Karakteristika kožnatog uveza je prevladavanje orijentalnih motiva otisnutih tehnikom zlatotiska. U razdoblju baroka i rokoka korice su preopterećene ukrasima. Tek u 19. stoljeću korice imaju prepoznatljive karakteristike romantičkog stila, s novim motivima klasicizma.

Karakteristike „nakladničkog uveza“ prepoznatljive su u drugoj polovici 19. stoljeća, kada započinje industrijska proizvodnja papira i uporaba prvih strojeva za uvezivanje knjiga u knjigoveštvu. Razvoj tehnologije i industrije na svim područjima pridonosi novim spoznajama fizikalno-kemijskih odnosa materije, što je izravni pokazatelj brzog razvoja industrijskih postupaka proizvodnje materijala (papir, ljepilo).[3]

Specifične karakteristike strojeva u knjigovežnici izravan su doprinos „masovnoj“ industrijskoj proizvodnji knjiga. Karakteristike „slijepljenog spoja“ knjige razlikuju se, a karakteristike umjetničkog uvezivanja ostaju nepromijenjene.

Zastupljenost strojnog i ručnog uvezivanja knjiga danas je najčešća. Dakle, prerađivanje i krojenje jednakih dijelova materijala određene naklade te cjelokupan proces uvezivanja model je strojne izrade knjiga.

## 2.1. TEHNOLOŠKI ASPEKTI MEKO UVEZANE LIJEPLJENE KNJIGE

Knjigovešku djelatnost određuje način provođenja proizvodnoga tehnološkog procesa uvezivanja većeg broja uveznih jedinica (knjižni slog, pojedinačni list papira) u jednu cjelinu koja veličinom, oblikom i kvalitetom odgovara zahtjevima upotrebljivosti i estetike. Najcjelovitiji, a ujedno i tehnološki najzahtjevniji knjigoveški proizvod je knjiga.

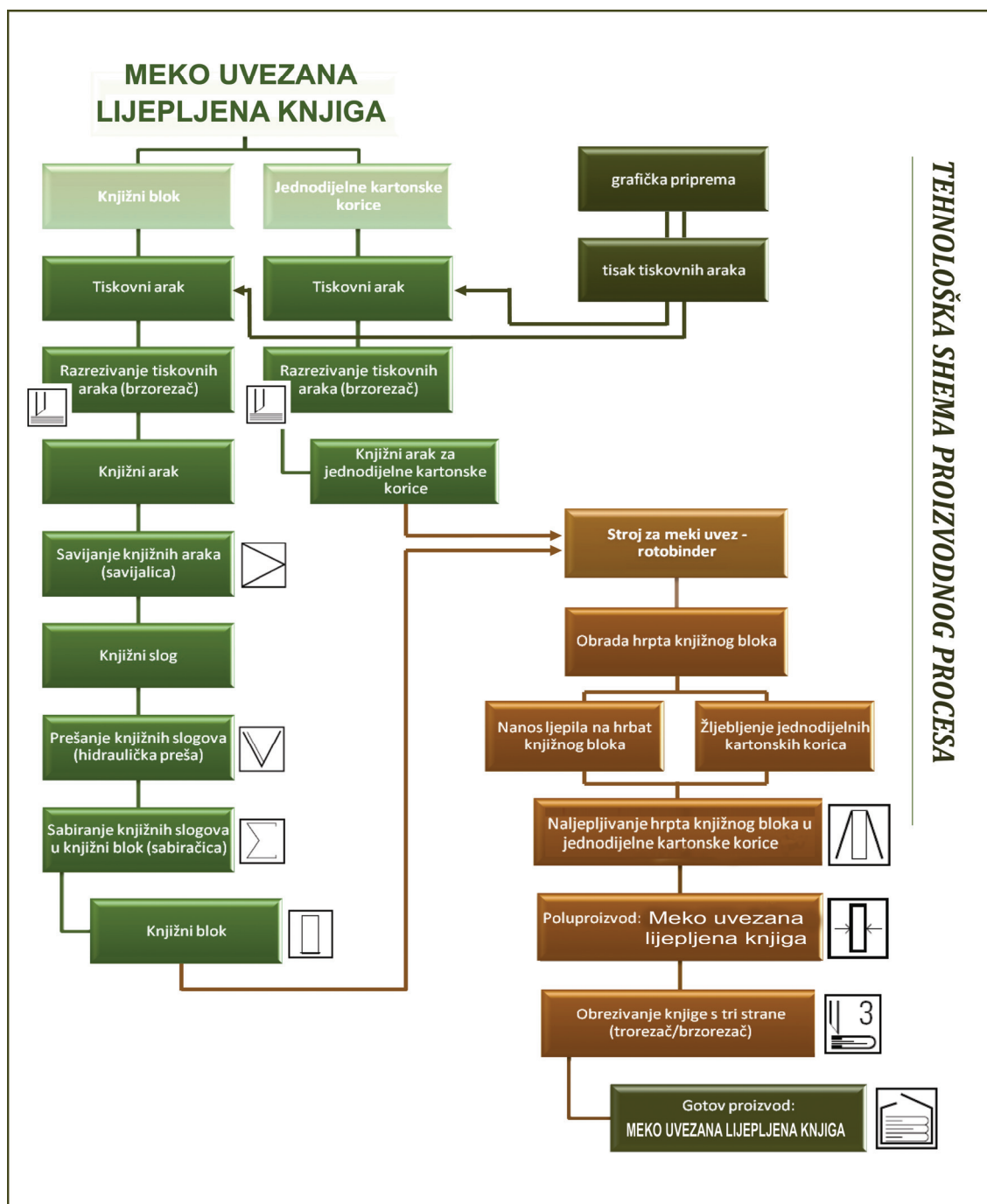
Grafički aspekt promatranja knjige podrazumijeva način prijenosa informacije kvalitetnim tiskom i kvalitetnim uvezom.[4] Lijepljena knjiga uvezana je neposrednim načinom, gdje je hrbat knjižnog bloka ulijepljen u jednodijelne kartonske korice.[5,6,7]

Marketinški aspekt promatranja lijepljene knjige potvrđuje činjenicu da je jedinična vrijednost cijene knjige za jednokratnu i višekratnu upotrebu znatno niža od cijene knjige za trajnu upotrebu. Navedena tvrdnja je istinita zbog smanjenja ukupnog broja tehnoloških operacija njezine proizvodnje.[8,9] Zadovoljenje potreba i želja tržišta moguće je ako se upotrebljavaju određene tehnologije uvezivanja lijepljene knjige. Jedna od najjeftinijih metoda uvezivanja lijepljene knjige je tehnologija *perfect binding*, koja se koristi taljivim ljepilom, i najčešće se koristi u masovnoj produkciji knjiga.[10] Osim toga, kratak vremenski interval sušenja taljivog ljepila izravno pridonosi proizvodnji knjiga velike naklade u jedinici vremena.[8]

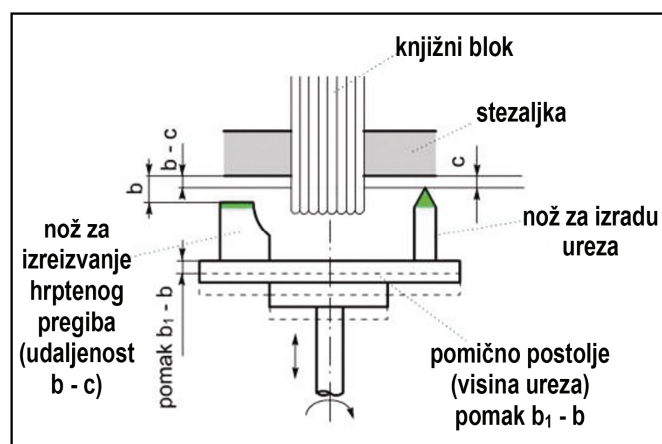
Linijaska proizvodnja meko uvezane lijepljene knjige rezultat je automatizacije ukupnog tehnološkog procesa njezine izrade. Savijanje knjižnog arka u knjižni slog, sabiranje knjižnih slogova u knjižni blok, tehnološki proces obrade hrpta knjižnog bloka, tehnološki proces nanosa ljepila na hrbat knjižnog bloka, tehnološki proces žlijebljenja korica, tehnološki proces naljepljivanja hrpta knjižnog bloka u korice i prešanje hrptenog dijela knjige, tehnološki proces transportiranja knjige do brzorezaćeg ili trorezaćeg stroja te obrezivanje knjige na obrezani format sastavni su dio tehnološke sheme uvezivanja knjige koju propisuje standard ISO/TC130N807, (sl. 1.).

Na promjenu kvalitete uveza knjige prije svega utječe tehnološki proces obrade hrpta knjižnog bloka. Karakteristična hrapavost površine hrpta knjižnog bloka pridonosi čvrstoći uvezivanja knjige. Relevantni parametri utjecaja na površinsku hrapavost su visina izrezivanja hrptenog pregiba i visina urezivanja poprečnih ureza u hrptu knjižnog bloka (sl. 2.). Nakon obrade hrpta knjižnog bloka, uvezna jedinica je pojedinačni list papira, što je zapravo i osnovno obilježje te metode uvezivanja knjige. Valorizacija čvrstoće knjižnog bloka izravno ovisi o karakteristikama presjeka površine pojedinačnih listova papira. Promjena čvrstoće slijepljenog spoja posljedica je zaostajanja čestica papirnate prašine na površini presjeka lista papira prije lijepljenja. Nadalje, kontaminirana površina lista papira posljedica je

karakterističnoga konstrukcijskog rješenja stroja čelične četke i usisnog kanala za odvođenje čestica prašine. Jakost lijepljenja hrpta knjižnog bloka pridonosi jakosti mehaničkog povezivanja taljivog ljepljiva na hrapavoj površini papira. Čestice prašine izravno smanjuju hrapavost površine papira, što je u konačnici posljedica smanjenja jakosti lijepljena hrpta knjižnog bloka.

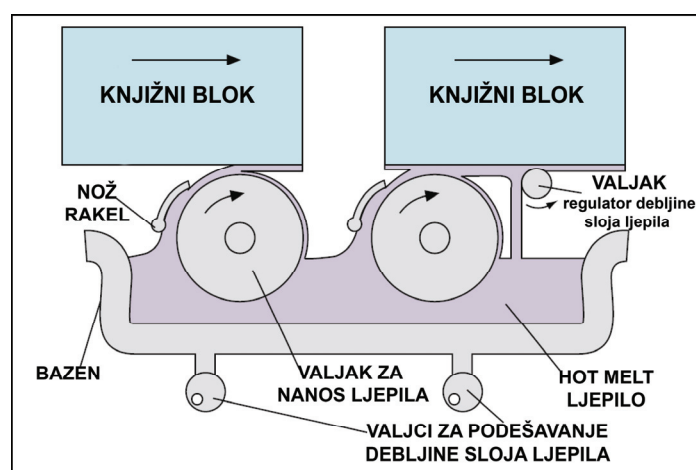


Slika 1. Tehnološka shema meko uvezane lijepljene knjige



**Slika 2. Tehnološki proces obrade hrpta knjižnog bloka<sup>1</sup>**

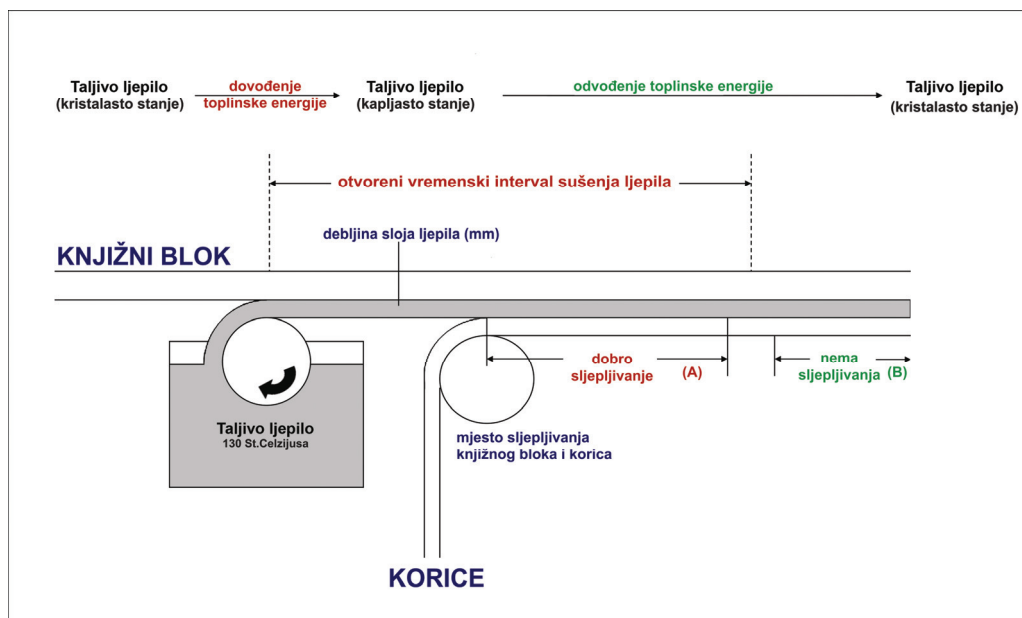
Kvaliteta lijepljene knjige ovisi o načinu provođenja tehnološkog procesa nanosa taline ljepila. Dakle, određena debljina sloja taline nanosi se na hrbat knjižnog bloka. Viskozitet taline je ovisan o reologiji taljivog ljepila. Važan parametar utjecaja na viskoznost taline je temperatura ljepila. S obzirom na viskozitet taline, moguća je promjena brzine rada stroja i ona se izvodi za potrebe postizanja optimalne kvalitete lijepljenja. Osnovni preduvjet lijepljenja isključivo je kapljasto stanje ljepila, kada je velika jakost djelovanja adhezijske sile. Mehaničko povezivanje taline na hrapavoj površini presjeka lista papira moguće je ostvariti. U bazenu s grijačem smješteno je taljivo ljepilo, rakel-nož, valjci za nanošenje i regulaciju debljine sloja, a to su relevantni parametri utjecaja na svojstvo taline (sl. 3.).



**Slika 3. Mehanizam lijepljenja hrpta knjižnog bloka [11]**

<sup>1</sup> Grapha H. Muller AG Zonfingen CH, Type: RBJ-5NR 84149-F; Pony 5

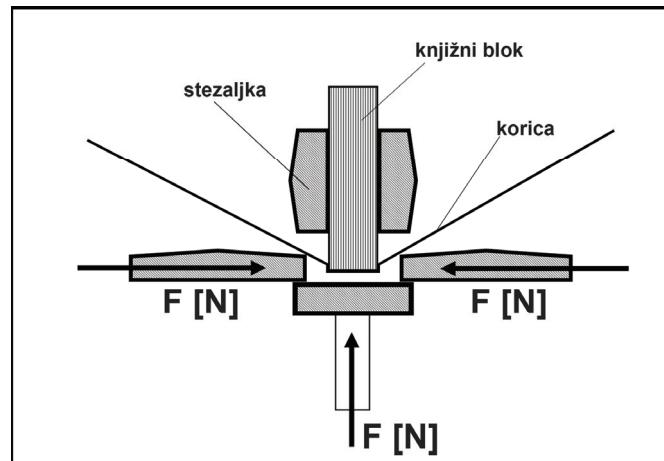
Zbog iznimno kratkoga vremenskog intervala djelovanja adhezijske sile u talini, otvoreni vremenski interval sušenja ljepila uključuje međuvrijeme za prijenos taline na hrbat knjižnog bloka i postupak naljepljivanja kartonske korice (sl. 4.).



**Slika 4. Jakost lijepljenja s obzirom na promjenu stanja ljepila [12]**

Nakon naljepljivanja korice započinje proces prešanja hrpta knjige na stolu za žlijebljenje korica (sl. 5.). Zatvoreni vremenski interval sušenja ljepila uključuje međuvrijeme potrebno da talina iz kapljastoga prijeđe u staklasto stanje. Dakle, da jakost djelovanja kohezijske sile zadobije prevlast nad adhezijskom silom u ljepilu. Nadalje, postupkom prešanja nadjačavaju se povratno-opružne sile koje nastoje rastaviti slijepljeni spoj.

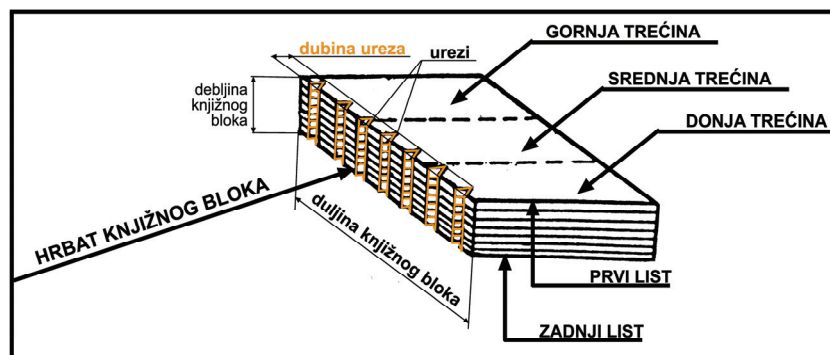
Žlijebljene kartonske korice sadržavaju najčešće četiri utora. Udaljenost između drugog i trećeg utora je vrijednost parametra širine hrpta knjižnog bloka. Udaljenost između prvog i drugog utora odnosno trećeg i četvrtoga iznosi 5 mm, što ukazuje na činjenicu da je provedeno stranično lijepljenje knjižnog bloka. Za vrijeme prešanja hrpta knjige postranični elementi stola stvaraju pravokutni oblik hrpta knjige, a nepomičan hrbat knjižnog bloka rezultat je povećanog intenziteta djelovanja kohezije u sloju ljepilu. Stoga stranice u knjižnom bloku ostaju nepomično stajati u okomitom položaju u odnosu na liniju uvezivanja. Isto tako, pri njihovom otvaranju, bez obzira na položaj, one imaju tendenciju ponovnog zatvaranja.



**Slika 5. Tehnološki proces naljepljivanja kartonske korice [11]**

Promjena mehaničkih deformacijskih stanja taline iz kapljastoga preko gumastog u staklasto potvrda je sušenja ljepila.[13,14,15] Vremenski interval trajanja promjene stanja ljepila utječe na rezultat jakosti kohezijske veze[16], čime je ostvarena optimalna kvaliteta povezanosti svih pojedinačnih listova papira u knjižnom bloku. Dakle, omogućen je prijenos opterećenja kroz cijeli hrbat knjižnog bloka bez naznaka pojave loma u sloju ljepila i papira na mjestu linije uvezivanja.

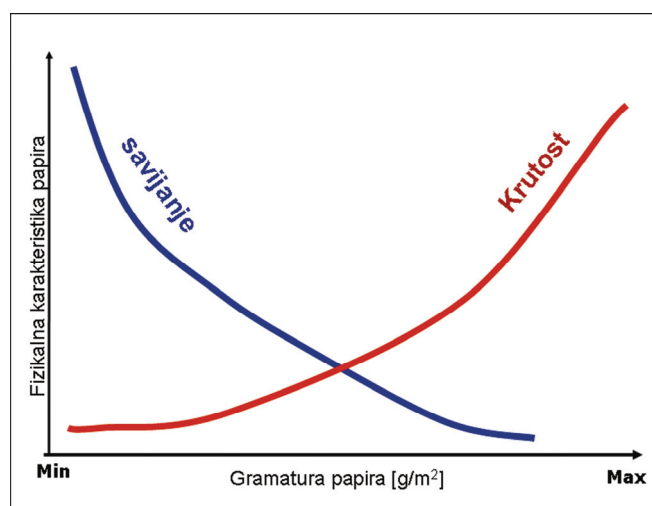
Nakon tehnološkog procesa ohrapavljenja karakteristična je hrapavost površine hrpta knjižnog bloka po cijeloj njegovoj duljini. Na pojedinim segmentima površine broj ureza po jedinici dužine veći je odnosno manji ili su urezi dublji odnosno plići. Rastrgana površina hrpta knjižnog bloka rezultat je pojavljivanja većeg broja ureza nepravilnog oblika. Intervali pojavljivanja ureza su na gornjoj, srednjoj i donjoj trećini hrptenog dijela duljine knjižnog bloka (sl. 6.).



**Slika 6. Knjižni blok nakon ohrapavljenja [4]**



Svojstvo krutosti papira znatno utječe na promjenu oblika ureza. S povećanjem krutosti papira, hrbat knjižnog bloka, koji se nalazi izvan stezaljki, postaje neelastičan. Hrbat knjižnog bloka nije savitljiv za vrijeme provođenja tehnološkog procesa njegova ohrapavljenja. S druge pak strane, povećana otpornost papira prema kidanju izravno pridonosi stvaranju ureza relativno pravilnog oblika i pridonosi učestalosti njihova pojavljivanja po jedinici duljine. Suprotno, papir manje gramature pokazuje veća savijanja hrpta knjižnog bloka i stvaranje ureza nepravilnog oblika bez učestalosti njihova pojavljivanja po jedinici duljine (sl. 7.).



**Slika 7. Utjecaj svojstava papira na oblik ureza [4]**

Za vrijeme provođenja ohrapavljenja hrpta utvrđene su dvije faze opterećenja. Prva faza opterećenja je na ulazu (gornja trećina), a druga faza opterećenja je na izlazu hrpta (donja trećina) iz procesa obrade knjižnog bloka. Bez obzira na opterećenost obiju faza, utvrđeni su urezi nepravilnog oblika po cijeloj širini knjižnog bloka.[4]

Karakterističan oblik ureza i učestalost njegova pojavljivanja relevantni su čimbenici koji utječu na jakost mehaničkog vezanja taline na površini papira. Usklađenost rada triju segmenata tehnološkog procesa (ohrapavljenje, lijepljenje, naljepljivanje korica) izravno je u funkciji optimiranja procesa lijepljenja i čvrstoće knjižnog bloka.

Nakon ispuštanja lijepljene knjige na transportnu traku, ona određeno vrijeme ostaje u prihvatnoj košari stroja. Obrezivanjem knjige s triju strana na brzorezaćem ili trorezaćem stroju, knjiga dobiva konačan oblik i može se rabiti. Svojstva papira imaju izravan utjecaj na promjenu čvrstoće knjižnog bloka. Nepremazani, premazani i voluminozni papiri različitih gramatura najčešće se upotrebljavaju za izradu knjižnog bloka.

## 2.2. SVOJSTAVA MATERIJALA

### 2.2.1. Papir

Mehanička i površinska svojstva papira izravno utječu na promjenu čvrstoće slijepljenog spoja kada se koristi taljivo ljepilo. Poznavanje svojstava papira temeljni je uvjet za postizanje standardne kvalitete uveza, budući da neelastična svojstva taljivog ljepila izravno uzrokuju slabljenje čvrstoće adhezijske veze.[17]

Pojam optimalne čvrstoće slijepljenog spoja podrazumijeva jakost djelovanja kohezijske sile u sloju mase ljepila i adhezijske sile na mjestu slijepljenog spoja. Tendencija je popuštanja čvrstoće adhezijske veze na mjestu linije uvezivanja lista papira, što je zapravo preduvjet za ponovno uvezivanje iste knjige.

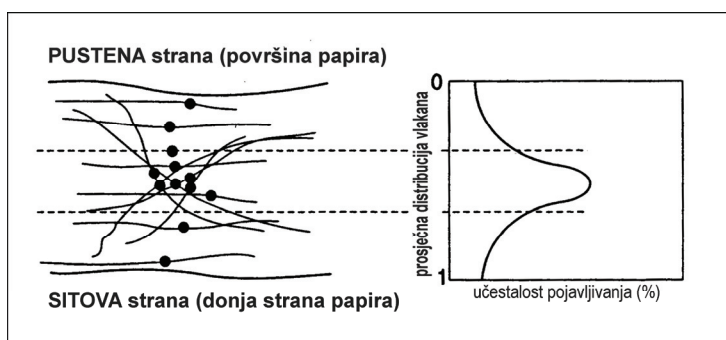
Proizvodnja papira je multidisciplinarna tehnologija koja uključuje poznavanje kemije, fizike i mehanike. Poznavanje tih fundamentalnih znanosti omogućuje interpretaciju promjene čvrstoće slijepljenog spoja. Zbog toga su svojstva lista papira predmet promatranja i ona su izravno uključena u vrednovanje kvalitete uveza knjige.

Za industrijski uvez lijepljene knjige upotrebljava se papir proizveden većim dijelom od primarnog celuloznog vlakna (eng. *the high grades papers*).[18] S obzirom na vrstu tehnološkog procesa proizvodnje lista papira, na tržištu ne postoji standardizirana klasifikacija vrste papira. Različite međunarodne organizacije predložile su svoj sistem klasifikacije, kao na primjer CEPI-Confederation of European Paper Industries i FAO-Food and Agriculture Organization of United Nations. Nekompatibilnost koja se pojavljuje između papira određene vrste i taljivog ljepila izravno uzrokuje promjenu čvrstoće slijepljenog spoja. Optimalna čvrstoća slijepljenog spoja nastoji osigurati određenu jakost djelovanja kohezijske sile u sloju mase ljepila i adhezijske sile na mjestu slijepljenog spoja. Dakle, popuštanje adhezijske veze na mjestu linije uvezivanja zapravo je preduvjet za ponovno uvezivanje iste knjige na istom mjestu linije uvezivanja.

Klasifikacija vrste papira određena je prema kemijskom sastavu vlaknaste sirovine. Prema nomenklaturi (klasifikaciji) papira bezdrvni tiskovni papir i voluminozni papir s udjelom drvenjače većim od 10% najčešće su korišteni papiri u industrijskoj knjigoveškoj proizvodnji lijepljene knjige.

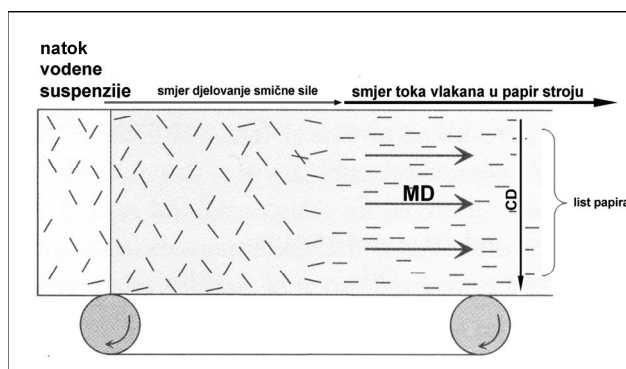
Stohastička mreža isprepletenih celuloznih vlakana čini primarnu strukturu papira. Anizotropnost papira utječe na promjenu mehaničkih svojstava papira s obzirom na smjer djelovanja vanjske sile, što zapravo utječe i na promjenu čvrstoće slijepljenog spoja.[19] Nadalje, struktura lista papira nije jednaka na cijeloj površini presjeka lista papira. Učestalost

pojavljivanja vlakana najveća je u srednjem dijelu, a najmanja na pustenoj (A) i sitovoj (B) strani lista papira (sl. 8.).

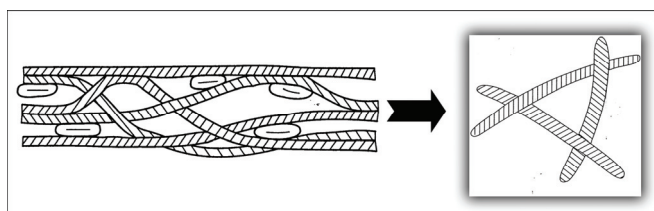


**Slika 8. Prosječna distribucija vlakana kroz presjek površine lista papira [19]**

Distribucija vlakana u smjeru proizvodnje lista papira (MD) znatno je veća nego u okomitom smjeru (CD) i kroz debljinu papira (ZD), (sl. 9. i 10.).



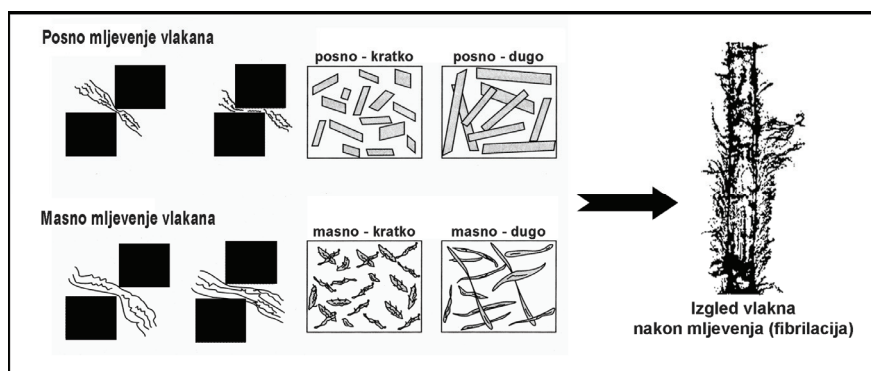
**Slika 9. Smjer distribucije vlakana u papir-stroju [21]**



**Slika 10. Smjer distribucije vlakna kroz debljinu papira [19]**

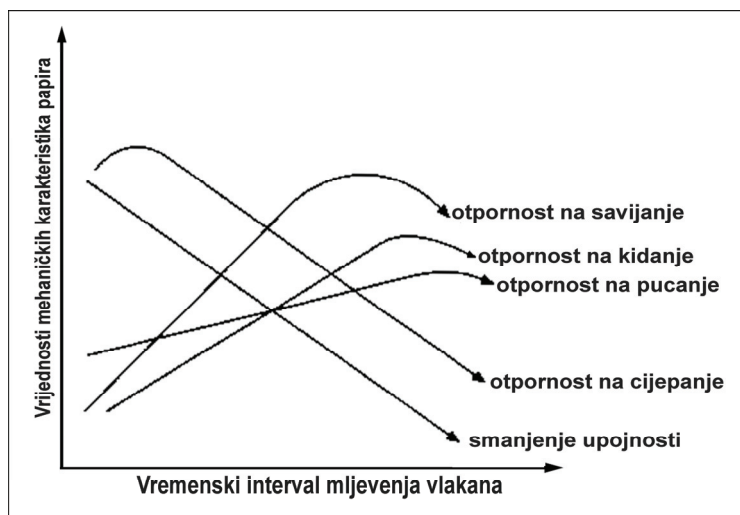
Suprotno tome, učestalost pojavljivanja pojedinačnog vlakna u svim smjerovima rezultira povećanjem mehaničke čvrstoće lista papira.[19] Otpornost lista papira na kidanje veća je u smjeru proizvodnje papira, što je i razumljivo, jer se pojedinačno vlakno intenzivnije povezuje s ostalima u mreži. S druge pak strane, elastične karakteristike vlakna u vlažnom

mediju za vrijeme proizvodnje lista papira također u konačnici utječu na njegovu strukturu i mehanička svojstva. Jakost „bubrenja“ vlakna ima pozitivan utjecaj na stvaranje većeg broja vodikovih mostova. [20] Kemijska reakcija stvaranja vodikovih mostova pridonosi stvaranju slojevite mreže međusobno isprepletenih vlakana koja daje određenu elastičnost odnosno krutost listu papira. [12] Morfološka svojstva vlakna i karakteristike tehnološkog procesa proizvodnje lista papira primarni su čimbenici koji utječu na mehanička svojstva slojevite isprepletene mreže vlakana. Svojstva bezdrvnog (eng. *wood-free*) i voluminoznog (eng. *bulky*) papira razlikuju se obzirom na način obrade vlaknaste sirovine. [21] Stupanj mljevenja i način rezanja vlakana može biti posno i masno. Karakteristike mljevenja utječu na promjenu površine stijenke vlakna (sl. 11.). Posnim mljevenjem vlakno se samo mehaničkim postupkom skraćuje, za razliku od masnog mljevenja, u kojem nastaju mehaničke promjene na stjenci vlakna, tzv. fibrilacija. Na površini stijenke vlakna nalaze se resice. Resice fibrila i mikrofibrila uzrokuju povećanje papirne mase odnosno povećanje specifične površine vlakna. Dimenzionalna stabilnost i smanjenje poroznosti bezdrvnog papira osnovni su pokazatelji fibrilacije vlakna. Suprotno tome, vlakno je u voluminoznom papiru tretirano posnim mljevenjem. Smanjenje dimenzionalne stabilnosti i povećanje poroznosti te vrste papira rezultat je skraćivanja dužine celuloznog vlakna, gdje higroskopne karakteristike stijenke vlakna ostaju nepromijenjene.



**Slika 11. Utjecaj načina mljevenja vlakna u stvaranju fibrila i mikrofibrila (povećanje 480 x) [12,21]**

Stupanj fibrilacije vlakna s obzirom na vremenski interval trajanja procesa mljevenja izravno utječe na promjenu površinskih i mehaničkih svojstava papira (sl. 12.).



**Slika 12. Utjecaj fibrilacije na svojstva papira [21]**

Grafička industrija kontrolirano postavlja strože zahtjeve za industriju papira kako bi se povećala raznolikost i kvaliteta proizvoda. Papir koji sadržava samo vlakno nikako ne može zadovoljiti kriterije grafičke tehnologije. Zato papir sadržava određene aditive koji zadovoljavaju zahtjeve suvremene grafičke industrije. Papir s punilima zadovoljava potrebne uvjete u standardizaciji kvalitete tiska. Punila povećavaju glatkoću papira i najčešće se koriste kao pigmenta sredstva za površinski premazane papire. Suprotno, punila u papiru čine papir mekšim, podatnijim za obradu u procesima završne grafičke proizvodnje.[22,23] Općenito, punilo se slabo povezuje s vlaknom (sl. 13.), stoga su pomoćna sredstva nužna u tehnološkom procesu proizvodnje lista papira.[24]



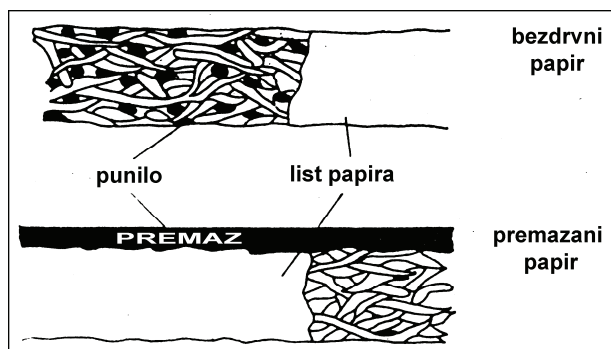
**Slika 13. Čestica punila smještena između vlakana[25]**

Viši stupanj iskorištenosti punila rezultat je višeg stupnja fibrilacije vlakna. Povećanjem specifične površine vlakna smanjuje se poroznost papirne mase, što je izravna posljedica nemogućnosti propuštanja čestica punila između vlakana. Volumni udjel punila razlikuje se s obzirom na klasifikaciju papira, a određuje se kvantitativnom metodom određivanja sadržaja pepela u papiru. Punila su kemijski neutralna (karbonati, silikati, sulfidi, sulfati) u odnosu na ostale komponente u kompoziciji papira, za vrijeme proizvodnje lista papira i kasnije.

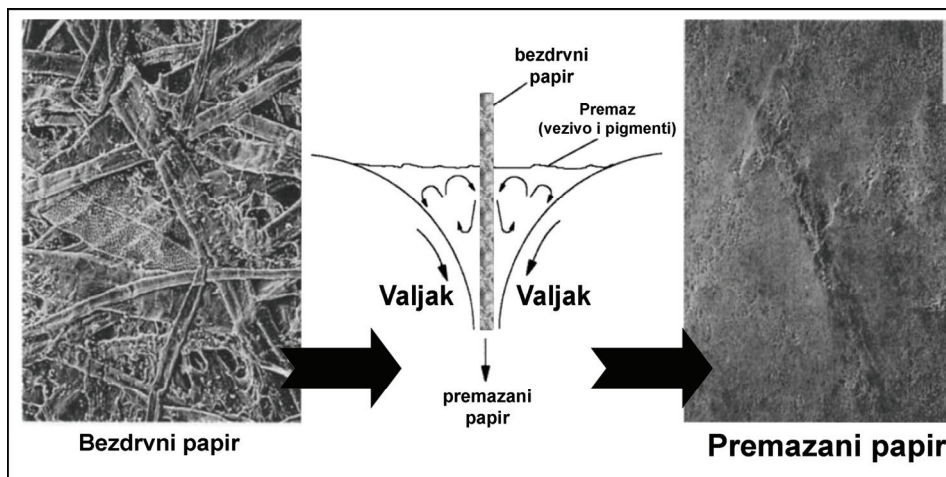
Keljivo (škrob, smole) se dodaje u papir kako bi povećalo stupanj zadržavanja punila i ostalih komponenata u kompoziciji papira.[26,27] Stupanj zadržavanja podrazumijeva prijanjanje keljiva uz vlakno i na vlakno u obliku odvojenih diskretnih čestica. Hidrofobnost površine stijenke vlakna ukazuje na smanjenje površinske upojnosti papira.[28,29] Suprotno tome, vlakno je cjevčica koja može primiti tekućinu [30] samo ako nije tretirana keljivom, ako ima hidrofilna svojstva. Jakost kapilarnog bubrenja vlakna s obzirom na stupanj keljenosti papira [24,31,32] određuje se metodom kapilarne upojnosti papira.

Stupanj mljevenja vlakna, količina punila i ostalih kemijskih dodataka utječu na površinska i mehanička svojstva papira. Povećanjem stupnja mljevenja vlakna povećava se površina stijenke vlakna i njegove adsorpcijske[33] sposobnosti postaju veće za čestice punila. Suprotno, veća fibrilacija vlakna uzrokuje smanjenje površinske upojnosti papira i smanjenje mehaničke otpornosti papira na cijepanje (sl. 12). Morfologija, način i stupanj mljevenja vlakna, postotni udjel čestica punila i stupanj keljenosti papira su faktori utjecaja na njegovu mehaničku čvrstoću.[12]

U tehnološkom se procesu proizvodnje papira najčešće aplicira premaz (eng. *surface coating*) kako bi povećao njegova mehanička i optička svojstva za potrebe osnovne grafičke proizvodnje.[24,21] Gruba podjela premazanog papira uključuje osnovnu kompoziciju papira i premazani sloj (sl. 14. i 15.). Osnovu papira čini slojevita mreža isprepletenih vlakana u koje je ukomponirano punilo keljivo i dodaci. Premazani sloj ima ulogu poboljšanja svojstava površine papira (optička svojstva, gramatura i debljina papira).[34]



Slika 14. Osnovna funkcija čestica punila u papiru [34]



**Slika 15. Tehnološki postupak oplemenjivanja papira [24]**

Visoko kvalitetni pigmenti i veziva osnovni su sastojci površinskog premaza. Osnovna funkcija pigmenata je podržati strukturu fine poroznosti [35], najčešće se koriste: kalcijev karbonat, kaolin, titanov dioksid.[36] Čestice pigmenata vezane su za papir, ali i međusobno vezivom. Veziva u obliku vodene otopine ili polimerne emulzije najčešće se koriste za površinski premaz.[37] Osim pigmenata i veziva, koriste se i ostale komponente koje utječu na fizikalno-kemijska svojstva premaza.[29] Premaz može biti jednoslojan ili višeslojan. Volumni udjel pora u premazu pokazuje površinsku hrapavost premazanog papira koja se određuje kvantitativnom metodom površinske hrapavosti papira.

Poznavanje općih i površinskih svojstava papira daje nam osnovu za predviđanje jakosti adhezijske veze. Površinska hrapavost papira promatra se na mikrorazini i makrorazini.

Debljina (eng. *thickness*),  $d(\mu\text{m})$  je makroskopska karakteristika strukture papira. Specifični volumen odnosno prostorna masa papira (eng. *bulk*) ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) se izračunava iz gramature (eng. *basic weight*) ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) i debljine papira. Voluminoznost se može opisati kao slojevita mreže isprepletenih vlakana sa pukotinama kada se promatra kroz presjek debljine papira. Mehanička svojstva i dimenzionalna stabilnost papira interpretirane su na temelju kontaktnih površina između vlakana.[19]

Površinska hrapavost sljedeća je bitna karakteristika papira. Hrapava površina papira sadržava razne pukotine i otvore koji jedini omogućuju mehaničko vezanje taline ljepila u pukotine i otvore na površini papira. Suprotno tome, oplemenjeni papiri pokazuju znatno manju površinsku hrapavost od nepremazanog bezdrvnog i voluminoznog papira. Specifične karakteristike glatkoće površinskog premaza (sjajni, mat) utječu na znatno smanjenje



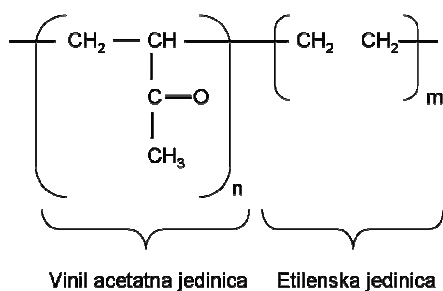
površinske hrapavosti papira na makrorazini. Osnovna zadaća površinskog premaza je zatvaranje makropora na pustenoj (A) i sitovoj (B) strani lista papira.

Voluminozni papir je kombinacija drvenjače i bezdrvnog papira. Prema klasifikaciji, udjel drvenjače u papiru veći je od 10%. Lignin je sastavna komponenta drvenjače.[24] Smanjenje mehaničkih i optičkih svojstava papira posljedica je sadržaja lignina u papiru. Sadržaj drvenjače u papiru utječe na povećanje njegove površinske hrapavosti, prostorne mase i debljine.[38] Posno mljevenje vlakana u proizvodnji lista papira uzrokuje stvaranje manjeg broja vodikovih mostova, što je posljedica nedostatnog međusobnog povezivanja vlakana u slojevitom isprepletenu mrežu.

### 2.2.2. Taljivo ljepilo (*hot-melt*)

Primjena taljivog ljepila za vruće spajanje moguća je samo u tehnološkom postupku brzog lijepljenja.[39,40] Kratko otvoreno i zatvoreno vrijeme sušenja taline pridonosi brzom postizanju slijepljenog spoja određene jakosti, što se nikako ne može postići u primjeni PVAc i PUR ljepila.[41,42] Debljina sloja taline izravno se nanosi na površinu supstrata. Slijepljeni spoj nastaje nakon nekoliko sekundi, ljepilo se hlađenjem skrućuje i postaje neljepljivo na sobnoj temperaturi.[43] Dakle, prva zadaća taline je ispuniti neravnine na površini supstrata, a druga zadaća je nakon njegova skrućivanja postići slijepljeni spoj određene jakosti. Viskozitet ljepila izravno utječe na vremenski interval njegova sušenja na površini supstrata. Stoga je u tehnološkom procesu lijepljenja temperatura utjecajan čimbenik na promjenu viskoznosti ljepila.

Taljivo ljepilo je kruti termoplast.[44,45] U vezivo od umjetne smole dodan je određeni volumni udjel ljepljive smole, punila i antioksidansa.[46] Osnovna uloga dodatka je postizanje optimalnih reoloških svojstava ljepila za vrijeme provođenja tehnološkog procesa lijepljenja. Volumni udjel vinil-acetata u kopolimeru etilen-vinil-acetata (vezivo) izravno utječe na reološka svojstva ljepila (sl. 16.).[47]

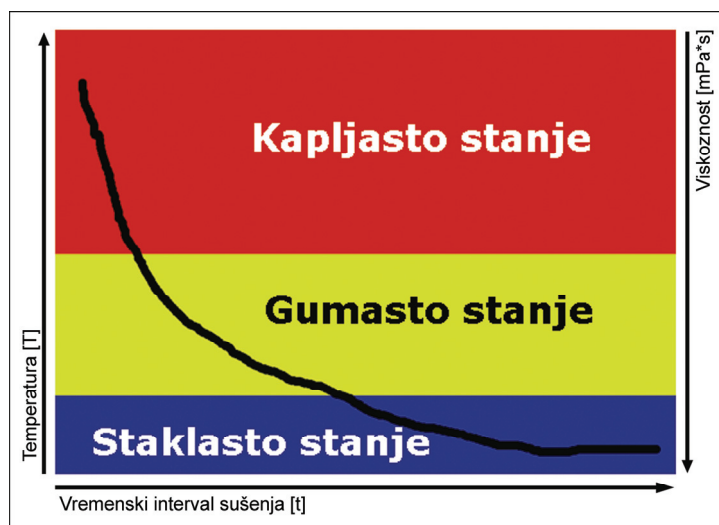


**Slika 16. Strukturna formula kopolimera etilen-vinil-acetata [48]**



Stoga je čvrstoća slijepljenog spoja rezultat korištenja kopolimera s optimalnim udjelom vinil-acetata koji propisuje proizvođač ljepila. Provođenje tehnološkog procesa lijepljenja uključuje norme ISO 3219 i 8962.

Optimalni viskozitet taljivog ljepila, dakle taline (kapljasto stanje termoplasta) moguće je postići samo u uvjetima dovođenja određene količine toplinske energije u termoplast. Vremenski interval sušenja taline i viskoznost ljepila ovise o temperaturi (sl. 17.).



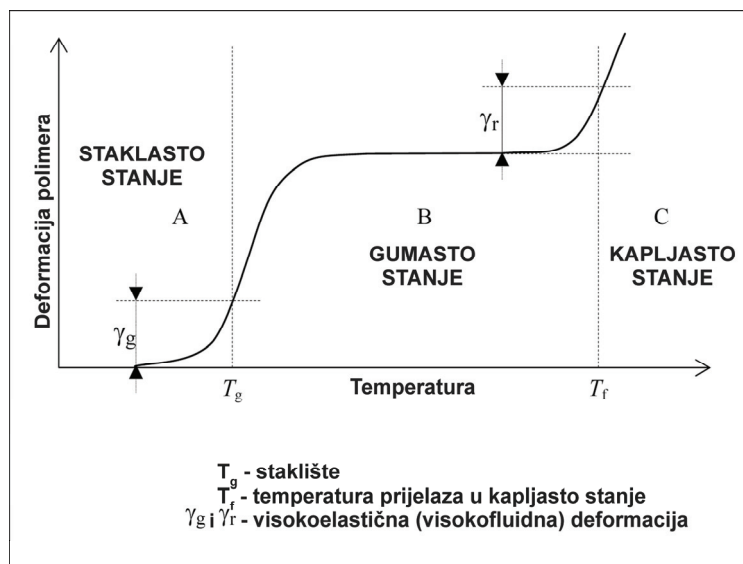
**Slika 17. Promjena mehaničkog deformacijskog stanja polimera u tehnološkom procesu sljepljivanja**

Kopolimer etilen-vinil-acetat je termoplast sa svojstvom reverzibilnih promjena termičkih stanja, što izravno pogoduje brznoj tehnološkoj proizvodnji lijepljene meko uvezane knjige (sl. 18.).



**Slika 18. Utjecaj mehaničkih stanja termoplasta na promjenu čvrstoće spoja**

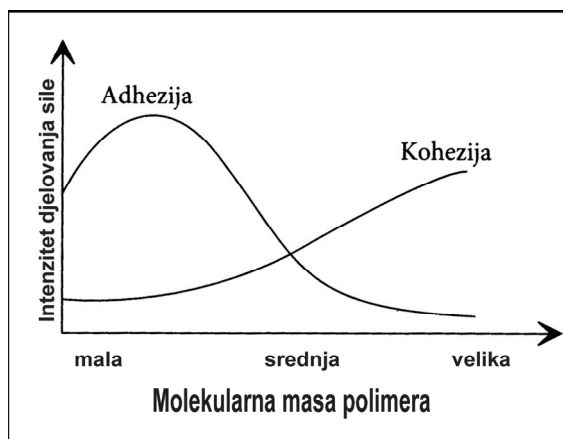
Kopolimer je povezan sekundarnim vezama koje zagrijavanjem postupno slabe i popuštaju. Do popuštanja sekundarne veze dolazi na mjestu polimera između makromolekula. Popuštanjem sekundarnih veza, pokretljivost makromolekula postaje sve izraženija, što je rezultat njegova mekšanja. Kada se makromolekule potpuno slobodno kreću, polimer prelazi u talinu. Suprotno, odvođenjem toplinske energije iz termoplasta (hlađenje), sekundarne veze se postupno uspostavljaju i polimer ponovno prelazi u čvrsto stanje. S obzirom na obilježja sekundarnih veza, takav se ciklus omekšavanja i stvrdnjavanja može ponavljati veći broj puta.[49,50] Deformacijska svojstva termoplasta izravno ovise o volumnom udjelu kristalne (etilen) odnosno amorfne (vinil-acetat) faze u kopolimeru.[51,52] Deformacija polimera, osim o veličini naprezanja, ovisi i o temperaturi, vremenu u kojem se deformacija odvija i brzini kojom se vanjska sila mijenja ili koristi. Osnovna mehanička deformacijska stanja polimera su staklasto, viskoelastično (gumasto) i viskofluidno (kapljasto). U staklastom stanju energija toplinskog kretanja makromolekula nije dovoljno velika, što ukazuje na nemogućnost savladavanja potencijalne barijere interakcije s drugim makromolekulama. U viskoelastičnom stanju energija toplinskog kretanja makromolekula dovoljna je za savladavanje potencijalne barijere, i makromolekula prelazi u konformaciju istegnutu u smjeru djelovanja vanjske sile. Konformacija podrazumijeva elastična istezanja makromolekule koja su provedena tijekom određenog konformacijskog vremena. Suprotno tome, u viskofluidnom stanju pokretljivost makromolekule izrazito je velika, što je rezultat njezina nesmetanog kretanja u smjeru djelovanja vanjske sile. Prijelazi između deformacijskih stanja ne zbivaju se skokovito, nego postoje prelazna temperaturna područja. Dakle, može se potvrditi da je relaksacijsko stanje polimera rezultat jakosti djelovanja toplinske energije, jakosti djelovanja vanjske sile naprezanja i vremenskog intervala u kojem se promatra deformacija polimera. Ovisnost deformacije (uzrokovane vanjskom silom djelovanja) o temperaturi prikazana je termodinamičkom krivuljom (sl. 19.).[53,54]



**Slika 19. Prikaz termodinamičke krivulje polimera [55,56]**

Optimalne tehnološke karakteristike prerade termoplasta u talinu isključivo ovise o volumnom udjelu amorfne strukture (vinil-acetata) u kopolimeru.[57] Umreženi polimeri pokazuju manju viskoelastičnu deformaciju, nema tecište i raspada se pri temperaturi degradacije  $T_d$ . Stoga reverzibilne promjene termičkih stanja termoplasta, koji u osnovi izgrađuje taljivo ljepilo, ovise o volumnom udjelu amorfne faze u kopolimeru.

Molekularna masa polimera izravno utječe na mehanička svojstva taljivog ljepila. Povećanje njegove molekularne mase pridonosi povećanju kohezijske sile u masi sloja ljepila, što je izravna posljedica kidanja lista papira u njegovoj masi, a ne na mjestu linije uvezivanja (sl. 20.).

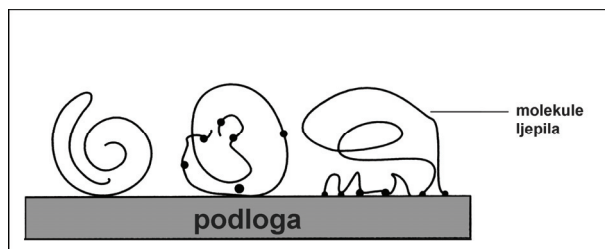


**Slika 20. Utjecaj molekularne mase polimera na promjenu čvrstoće adhezijskog odnosno kohezijskog spoja [12]**

Tendencija je koristiti ona taljiva ljepila u kojima molekularna masa polimera istodobno osigurava optimalnu čvrstoću adhezijskog i kohezijskog spoja.

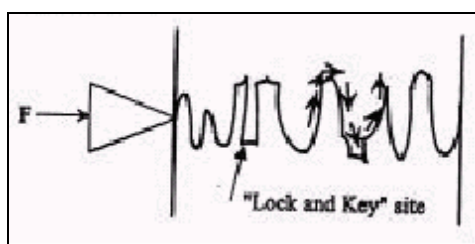
### 2.3. MEHANIČKA TEORIJA ADHEZIJSKOG SPAJANJA

Termin čvrstoće knjižnog bloka podrazumijeva mehanički postupak određivanja čvrstoće slijepljenog spoja. Metodom adhezijskog spajanja nastaje slijepljeni spoj (eng. *adhesive joint*) kao rezultat vezanja površine papira s ljepilom (sl. 21.).



Slika 21. Opći prikaz procesa lijepljenja [21]

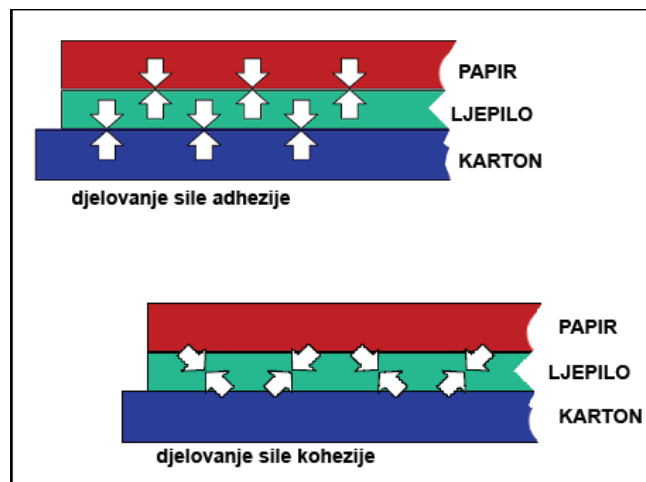
Dakle, slijepljeni spoj nastaje spajanjem površine dvaju supstrata (eng. *adherend*)[58] pomoću ljepila. Ljepilo omogućuje prenošenje opterećenja sa supstrata na slijepljeni spoj. Fenomen adhezije razmatra se samo u slučaju da postoji međupovršinska povezanost papira i ljepila. Adhezijska privlačna sila povezuje veći broj listova papira u jednu cjelinu (knjižni blok) samo ako su međusobno u kontaktu preko ljepila.[59] Dakle, ljepilo povezuje supstrate u jednu cjelinu i sprečava njihovo međusobno razdvajanje. Stanje adhezije ovisi o intenzitetu površinske povezanosti papira i ljepila na njihovim međupovršinama. Konkretno, jakost mehaničkog usidrenja termoplastičnog odnosno taljivog (*hot melt*) ljepila na hrapavoj površini papira određuje površina fizičkog kontakta.[60] Između supstrata i ljepila dolazi do učinka po načelu „ključ i brava“[61], odnosno do mehaničkog usidrenja[62,63,64] ljepila u pukotine papira (sl. 22.).



Slika 22. Model mehaničke teorije „ključ i brava“ [65]

Nakon mehaničke obrade hrpta knjižnog bloka, karakteristike nepravilne površine supstrata (pojedinačni list papira) izravni su pokazatelj jakosti mehaničkog vezivanja ljepila odnosno jakosti čvrstoće slijepljenog spoja (eng. *adhesive joint strength*).

Povećanje površine fizičkog kontakta na međupovršini u višefaznom sustavu pridonosi prisutnosti velikog broja sila međudjelovanja (interakcija).[66] Porast interakcije u adhezijskom spoju rezultat je povećanja čvrstoće slijepljenog spoja (sl. 23.).



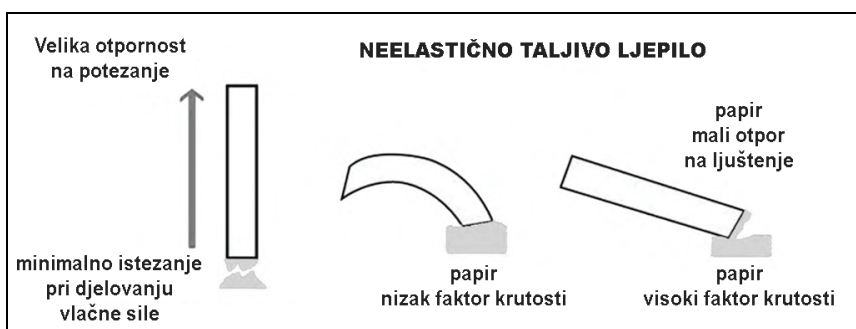
**Slika 23. Model djelovanja adhezijske i kohezijske sile [67]**

Dakle, intenzitet lijepljenja promatra se s aspekta topografije (hrapavost) površine papira[68] i viskoziteta taline ljepila.[69] Porastu čvrstoće slijepljenog spoja pridonosi veća nepravilnost površine supstrata i veća kompatibilnost veličine čestice ljepila i međuprostora na površini supstrata. Nadalje, četkanjem i otpuhivanjem papirnate prašine iz pukotina papira postiže se povećanje hrapavosti površine supstrata, što je rezultat povećanja dodirne površine s talinom. Jakost vlačne sile naprezanja je u stvari pokazatelj čvrstoće slijepljenog spoja. Na mjestu linije uvezivanja (slijepljeni spoj) pod utjecajem djelovanja vanjske sile opterećenja dolazi do popuštanja adhezijske veze. To je na međupovršini supstrata (papir) i sloja ljepila, a ne nikako u masi papira ili masi ljepila (kohezijska veza).[70, 71, 72] Popuštanje adhezijske veze posljedica je anizotropnosti površine papira i njegove dimenzionalne nestabilnosti koju papir pokazuje pri promjeni relativne vlažnosti i temperature zraka.[73]

Optimiranje ukupnoga tehnološkog procesa uvezivanja lijepljene knjige uključuje relevantne varijable (viskoznost ljepila, debljina nanosa sloja ljepila, otvoreno vrijeme sušenja ljepila, zatvoreno vrijeme sušenja ljepila) koje zajedno trebaju biti u funkciji postizanja optimalne čvrstoće knjižnog bloka.[73] Dakle, tehnološka svojstva taljivog ljepila trebaju biti primarno u funkciji adhezijske veze. Praktična primjena neelastičnoga, visoko kohezivnog taljivog ljepila, većim dijelom zadovoljava svojim funkcijskim svojstvima budući da se koristi za uvez lijepljene knjige s nepomičnim hrptom.[74]

Ta je vrsta lijepljene knjige izložena dvjema vrstama naprezanja, koje se zovu potezanje (*pull*) i ljuštenje (*peel*). [82,75] Do kombinacije obiju vrsta naprezanja dolazi pri uporabi knjige. Potezanje je zapravo vlačna sila djelovanja uzduž cijele linije slijepljenog spoja, za razliku od ljuštenja, gdje je naprezanje koncentrirano na rubnom dijelu površine slijepljenog spoja. Za potrebe ovog istraživanja ispituje se samo potezno, odnosno vlačno naprezanje. Dakle, naprezanje ljuštenjem ima smisla u razmatranju čvrstoće između korica i knjižnog bloka. Suprotno tome, ovo visoko kohezivno ljepilo manje je otporno na ljuštenje zbog nemogućnosti raspoređivanja sile naprezanja na maloj površini. Neelastično se ljepilo minimalno isteže prije djelovanja vlačne sile, što je razlog njegove velike otpornosti na potezanje. Osim toga, čvrstoća slijepljenog spoja upitna je kod papira koji imaju veći faktor krutosti. Povećanje krutosti papira uzrokuje stvaranje veće potencijalne energije u strukturi neelastičnog ljepila u momentu otvaranja knjige. Stoga promjena čvrstoće slijepljenog spoja utječe na djelovanje potencijalne energije u ljepilu (sl. 24.).

S obzirom na mogućnosti uvezivanja, nepremazani papir ima tendenciju unutarnjeg cijepanja za vrijeme naprezanja (potezanje i ljuštenje). Stoga je knjigu moguće otvoriti u cijelosti. Suprotno tomu, premazani papir nema tendenciju unutarnjeg cijepanja za vrijeme naprezanja, pa kod te vrste papira dolazi do delaminacije na samoj površini. Dakle, rezultat njegova kidanja je popuštanje adhezijske veze između površinskog premaza na papiru i osnovne strukture papira. Najčešće se premazani sloj odvaja od osnovne strukture papira te ostaje spojen s ljepilom. Nepremazani papir s povećanjem faktora krutosti ima tendenciju delaminacije zbog povećanja potencijalne energije u lijepljenom sloju.

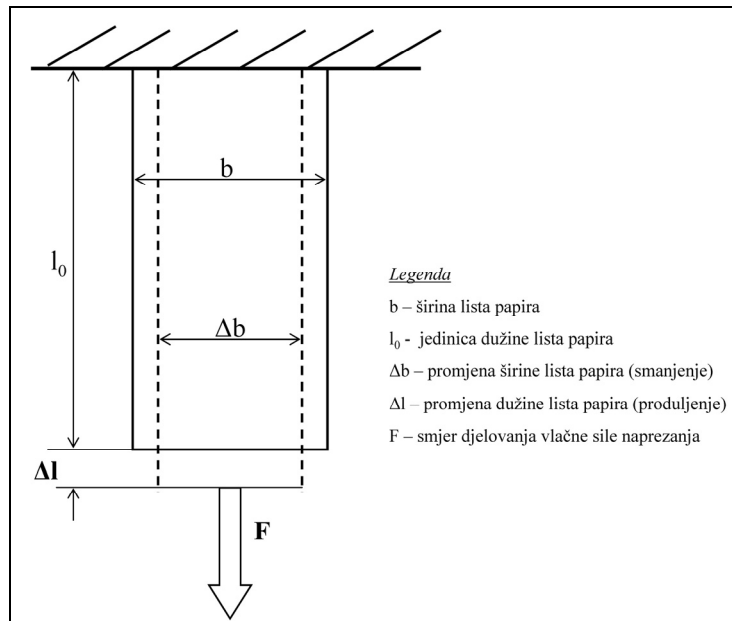


**Slika 24. Utjecaj faktora krutosti na delaminaciju papira [83]**

## 2.4. UTJECAJ MEHANIČKIH SVOJSTAVA PAPIRA NA PROMJENU ČVRSTOĆE SLIJEPLJENOG SPOJA

Ispitivanje čvrstoće knjižnog bloka uključuje vrednovanje mehaničkih svojstava lista papira s obzirom na njegov položaj u knjižnom bloku. Čvrstoća slijepljenog spoja odnosi se na sposobnost prenošenja opterećenja bez pojave loma u materijalu (papir, sloj ljepila), a krutost strukture materijala njegova je otpornost prema deformaciji. Krutost materijala manja je kada se materijal više deformira pri opterećenju.[76] Čvrstoća ili otpornost papira prema deformaciji njegovo je osnovno mehaničko svojstvo kada se promatra čvrstoća knjižnog bloka. Zbog djelovanja vlačne sile naprezanja nastaju promjene na širini presjeka lista papira. Do promjene širine presjeka lista papira dolazi zbog istovremenog djelovanja sila u papiru i na njegovoj površini kada nastaju promjene oblika i dimenzija. Različite vrste papira (nepremazani, premazani, voluminozni) nisu jednake krutosti zbog anizotropnosti papira. Do istezanja papira dolazi uslijed djelovanja vlačne sile naprezanja, a njegova jačina deformacija razlikuje se s obzirom na smjer vlakana u papiru. Stoga struktura lista papira utječe na njegova mehanička svojstva, a uvjeti tehnološkog procesa proizvodnje utječu na njegovu strukturu. Dakle, optimalna mehanička svojstva papira posljedica su standardiziranog provođenja tehnološkog procesa proizvodnje.

Naprezanje ( $\sigma$ ) je definirano kao odgovor lista papira na utjecaj vanjske sile stvaranjem unutarnje sile u listu papira koja je jednaka po intenzitetu, a suprotnog smjera djelovanja.[77] Mjeri se u Paskalima (Pa), a predstavlja djelovanje sile od 1 Newtona (N) na površinu od 1 metra kvadratnog ( $m^2$ ). Dakle, sila podijeljena s poprečnim presjekom površine na koju djeluje mjeri se veličinom naprezanja,  $\sigma = F/A$  ( $N/m^2$ ). Papir na naprezanje reagira deformacijom, što uvjetuje promjene njegova oblika i veličine. Pri određivanju čvrstoće slijepljenog spoja primijenjena je vlačna sila naprezanja, kod koje se list papira odupire istezanju. Linijska deformacija lista papira nastala je kao rezultat njegova odupiranja istezanju. Linijska deformacija nastaje po jedinici dužine materijala,  $\epsilon = \Delta l/l_0$ , gdje  $\Delta l$  određuje deformaciju (ili promjenu dužine),  $l_0$  je jedinica dužine, a izražava se u jedinici mjere postotka (%). S obzirom na klasifikaciju vrste papira (nomenklaturu), vrijednost linijske deformacije papira je različita. Omjer između naprezanja i linijske deformacije (eng. *stress-strain* dijagram) vrlo je bitan za vrednovanje čvrstoće slijepljenog spoja. Dakle, elastična deformacija nastaje zbog djelovanja unutarnje sile koja je u ravnoteži s vanjskom silom. Prostorne sprege sila u strukturi lista papira izazivaju povećanje njegove duljine uz istodobno smanjenje njegove širine (sl. 25.).



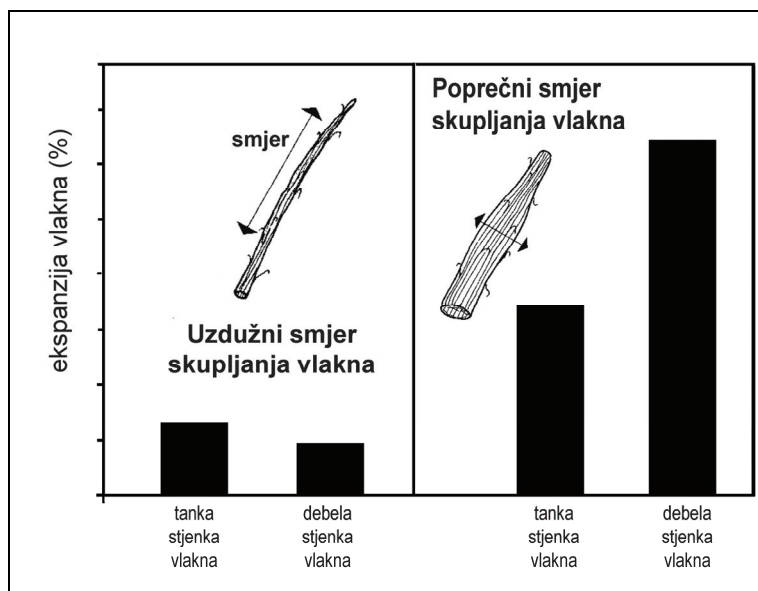
**Slika 25. Prikaz elastične deformacije lista papira [19]**

Modul elastičnosti ( $E$ ) je fizikalna konstanta materijala ovisna je o jakosti kemijskih veza unutar pojedinačnog vlakna (morfologija vlakna) i slojevite mreže isprepletenih vlakana (osnovna kompozicija papira). Stoga je modul elastičnosti mjerilo krutosti papira i prikazuje se dijagramom naprezanja i linijskog istezanja u elastičnom području. Temeljni oblici naprezanja i određivanja mehaničkih svojstava papira bitni su za vrednovanje čvrstoće slijepljenog spoja. Povećanje vrijednosti modula elastičnosti posljedica je jednake vrijednosti linijskog istezanja pri većoj vrijednosti sile naprezanja. Naprezanje veće od granice razvlačenja izaziva, osim elastične, i plastičnu deformaciju, koja je trajno i ireverzibilno stanje odnosno lom lista papira. Količina deformacije koju list papira može podnijeti prije loma izražava se u postocima razvlačenja ( $\epsilon$ , %) kada na njega djeluje vlačna sila istezanja. Prof. dr. sc. D. Gregor –Sveteć određivala je elastična i viskoelastična svojstva papira iste gramature, ali različite debljine. Na temelju rezultata mjerenja potvrđene su znatne promjene njegovih svojstava s obzirom na vrstu tehnološkog procesa proizvodnje lista papira.[78] Vrsta vlaknaste sirovine, udjel punila u papiru i stupanj keljenja papira određuje njegovu kompoziciju i strukturu. To su primarni čimbenici koji utječu na njegova elastična svojstva.



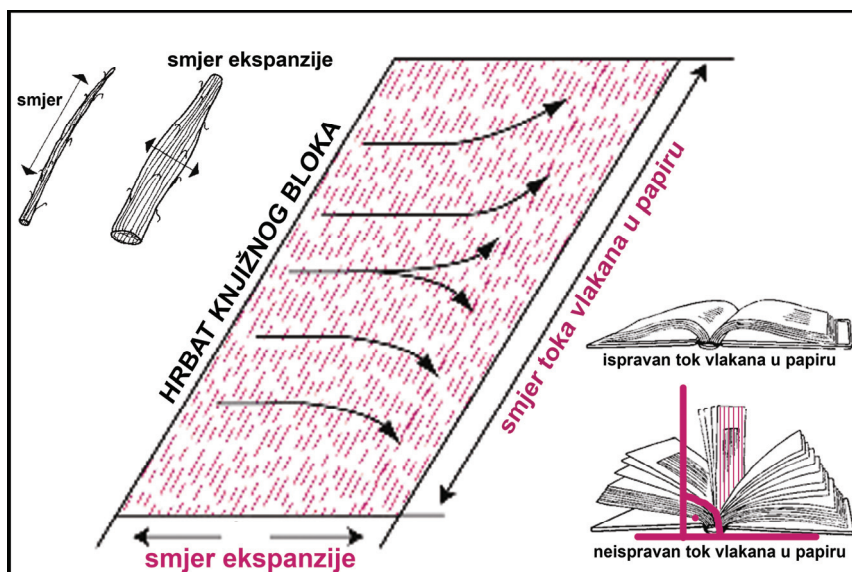
## 2.5. PROMJENA ČVRSTOĆE SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA DIMENZIONALNU STABILNOST PAPIRA

Relativna vlažnost zraka izravno utječe na dimenzionalnu stabilnost papira.[34,19] S povećanjem relativne vlažnosti zraka povećava se količina vodene pare u zraku. Papir je porozni materijal koji sadržava vlagu u obliku vodene pare u većim porama i u obliku tekućine u kapilarama vlakna koja izgrađuju osnovnu strukturu papira. Njegovu higroskopsnost izravno potvrđuje vlakno koje ima moć upijanja vlage iz zraka.[79] Promjene mehaničkih svojstava papira posljedica su povećanja njegove vlažnosti. Povećanje volumena vlakna, i to drastično, u poprečnom smjeru (okomito na dužinu vlakna) izravno utječe na promjenu njegove dimenzionalne stabilnosti (sl. 26.).



**Slika 26. Promjena dimenzionalne stabilnosti papira s obzirom na promjenu dimenzije vlakna [19]**

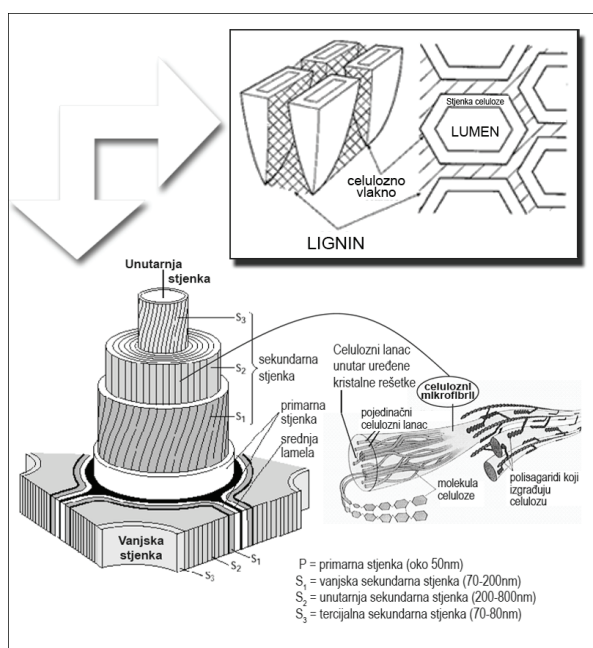
Promjena vrijednosti čvrstoće slijepljenog spoja posljedica je istezanja vlakna paralelno s djelovanjem vlačne sile naprezanja, dakle u smjeru njegove ekspanzije. Uzdužni smjer vlakana uvijek slijedi liniju uvezivanja (hrbat) knjige, što je ujedno i osnovno knjigoveško pravilo.[40] Pojedinačni listovi papira koji su međusobno slijepljeni na mjestu linije uvezivanja padaju jednakim intenzitetom djelovanja jedan preko drugoga.[80] Suprotan smjer vlakana uzrokuje njihovo „stršenje“, a korice imaju tendenciju savijanja i podizanja od vanjskog ruba knjige (sl. 27.).[81,82,83]



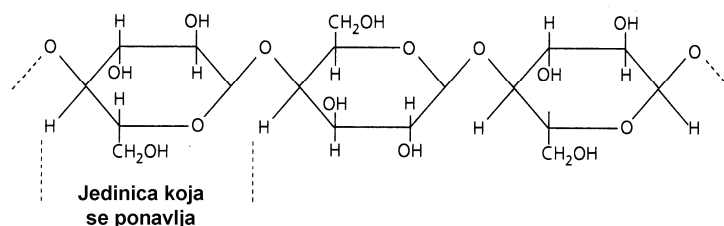
**Slika 27. Kvaliteta uveza s obzirom na smjer vlakana u papiru [84]**

S obzirom na klasifikaciju vrste papira, različita je njihova dimenzionalna stabilnost. Intenzitet ekspanzije vlakna izravno ovisi o uvjetima tehnološkog procesa proizvodnje lista papira. Nadalje, morfologija vlaknaste sirovine izravno utječe na dimenzionalnu stabilnost papira u uvjetima visoke relativne vlažnosti zraka.

Papir je polimerni materijal, a viskoelastičnost je tipična za većinu polimera.[85] Osnovnu kompoziciju papira čini slojevito isprepletena mreža vlakana. Celuloza, hemiceluloze i lignin prirodni su polimerni koji izgrađuju stjenku vlakna (sl. 28. i 29.).[85]



**Slika 28. Građa stjenke celuloznog vlakna [12]**

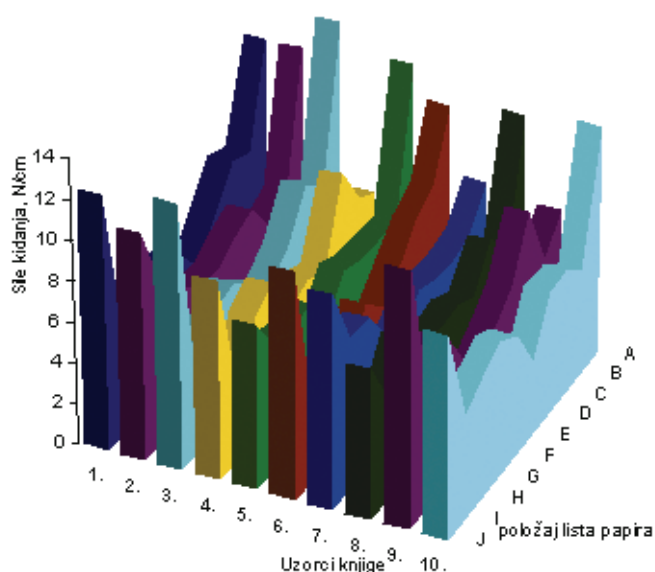


**Slika 29. Strukturna formula celuloze [12]**

Mehanička svojstva polimera međusobno su različita s obzirom na povećani udjel vlage u papiru. Prosječna molekularna masa, raspodjela molekularnih masa, stupanj reda kod amornih polimera (hemiceluloze, lignin) i stupanj kristalnosti celuloze ona su svojstva polimera koja utječu na promjenu mehaničkih svojstva papira. Elastične karakteristike papira izravno ovise o udjelu amorfne regije u odnosu na kristalnu regiju u stjenci vlakna. Potpuno kristalna regija stjenke vlakna je elastična ili ne nužno linearno elastična. Suprotno tome, amorfna regija u stjenci vlakna kruta je i žilava. Omekšavanje komponente hemiceluloza i lignina nastaje izravno zbog povećanog udjela vlage u stjenci [19], što u konačnici dovodi do različitog smanjenja krutosti strukture određene vrste papira. Stoga na ukupnu vrijednost promjene čvrstoće slijepljenog spoja utječe osnovni kemijski sastav strukturne mreže isprepletenih vlakana.

## 2.6. ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA PROMJENU ČVRSTOĆE KNJIŽNOG BLOKA KOD METODE UVEZIVANJA KNJIGE POZNATE KAO *PERFECT BINDING*

Tehnološke uvjete te metode uvezivanja dobro su opisali S. Korhonen i M. Southworth [73,40]. Prema njima, utvrđen je osobit značaj načina obrade hrpta knjižnog bloka (eng. *spine roughening*) kada se premazani odnosno nepremazani papir tretira taljivim (*hotmelt*) ljepilom. Znanja iz literature egzaktno su prikazana na temelju dobivenih rezultata mjerenja obrade hrpta knjižnog bloka, uključujući različite metode njegove obrade. Rezultati mjerenja upotrebljavani su za potrebe valorizacije čvrstoće slijepljenog spoja. Nadalje, L. A. Van Gastel tvrdi da na promjenu čvrstoće slijepljenog spoja utječu čak i male promjene u nanošenju ljepila ili promjene u načinu obrade hrpta knjižnog bloka (sl. 30.).

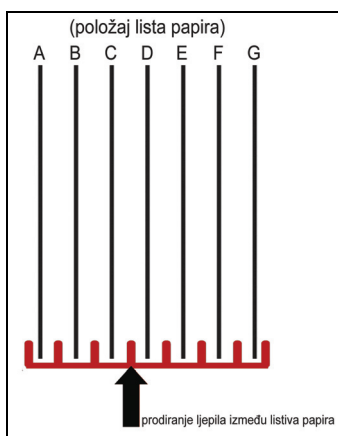


**Slika 30. Odstupanja čvrstoće slijepljenog spoja lista papira s obzirom na položaj u knjižnom bloku [86,87]**

Evaluacija i valorizacija čvrstoće slijepljenog spoja uzduž cijele linije uvezivanja ima najveće značenje u određivanju kvalitete uveza knjige.[88] Valorizacija čvrstoće odnosi se na izvodljivost eksperimenta metodom statičkog kidanja, i to samo za jednaku debljinu nanosa sloja ljepila, istu tehnološku konstrukciju stroja za uvez i istu metodu obrade hrpta knjižnog bloka. Dakle, na jakost međudjelovanja materijala (papir, ljepilo) utječu varijable tehnološkog procesa koje trebaju biti u funkciji stvaranja čvrstoće slijepljenog spoja koji je sposoban prenositi opterećenje bez pojave loma u materijalu.

Svojstva papira izravno utječu na promjenu čvrstoće kada se koristi taljivo ljepilo. Na temelju provedenih laboratorijskih istraživanja P. Johansson, M. Mendel-Hartvig, A. Leekly i A. Armanod [89,90,91] potvrdili su da je povećanje vrijednosti parametra hrapavosti površine

papira prvi čimbenik koji utječe na povećanje čvrstoće slijepljenog spoja. Povećanje fizičkog kontakta na površini vlakna rezultat je povećanja adhezijske veze. Gross ukazuje na činjenicu da je povećanje adhezijske veze rezultat povećanja specifične površine vlakna. Jakost fizičkog kontakta izravno ovisi o slobodnoj površini vlakna. Stršenje vlakana na rubnim dijelovima presjeka lista papira posljedica je mehaničke obrade hrpta knjižnog bloka. Njihova specifična površina utječe na jakost djelovanja adhezijske veze na mjestu između pojedinačnih listova papira u knjižnom bloku.[92] Valorizacija čvrstoće slijepljenog spoja sada uključuje i smično istezanje, koje je u funkciji vlačnog opterećenja (sl. 31.).



**Slika 31. Prikaz postraničnog lijepljenja [93]**

Površinska upojnost papira znatno pridonosi povećanju čvrstoće slijepljenog spoja kroz jakost fizičkog kontakta površine vlakna i ljepila. Debljina papira primarni je čimbenik koji utječe na povećanje čvrstoće slijepljenog spoja. Povećanje njegove površine je u funkciji povećanja fizikalnih kontakata površine vlakana s ljepilom. Nadalje, Leekely i njegovi suradnici potvrdili su da je povećanje vrijednosti parametra debljine papira u pozitivnoj korelaciji s distribucijom vlakana kroz debljinu papira. Smjer vlakna kroz debljinu papira (ZD) izravno pridonosi čvrstoći slijepljenog spoja.

Suprotno tomu, K. Gross je potvrdio da mehanička svojstva otpornosti papira prema kidanju i cijepanju nisu u korelaciji sa čvrstoćom slijepljenog spoja. Ali isto tako tvrdi da mehanička svojstva slojevite isprepletene mreže vlakana izravno utječu na povećanje čvrstoće slijepljenog spoja. Mehanička svojstva papira pokazuju tek neznatnu promjenu čvrstoće slijepljenog spoja nakon fizikalnog starenja papira.[94]

Povećanje vrijednosti parametra sadržaja pepela u papiru drugi je bitan čimbenik koji utječe na smanjenje čvrstoće slijepljenog spoja. Termodinamička svojstva termoplasta i svojstvo hrapavosti površine papira izravni su pokazatelji jakosti lijepljenja.

S. Ristimaki opisao je nedostatnu čvrstoću slijepljenog spoja koja nastaje zbog pojavljivanja većeg broja pojedinačnih listova papira, međusobno odvojenih na mjestu linije uvezivanja.[95]

Nedostatna čvrstoća knjižnog bloka najčešća je kod premazanog papira. Financijski je najisplativija metoda uvezivanja knjiga za jednokratnu i višekratnu upotrebu. Osim toga, potvrđena je znatno veća produkcija knjiga u jedinici vremena zbog tehnološke efikasnosti konstrukcije stroja i kontrole kvalitete uveza, što nažalost nije moguće osigurati kod drugih tehnologija uvezivanja.[90]

## 2.7. KVALITETA, EVALUACIJA I KONTROLA MEKO UVEZANE LIJEPLJENE KNJIGE

Mehanička čvrstoća knjižnog bloka pokazatelj je kvalitete uveza lijepljene knjige. Čvrstoća slijepljenog spoja s obzirom na položaj pojedinačnog lista papira u knjižnom bloku ima bitnu ulogu u vrednovanju kvalitete uveza. Kvaliteta uveza knjige također uključuje faktore lakoće listanja, kompaktnosti i stabilnosti hrpta knjižnog bloka.

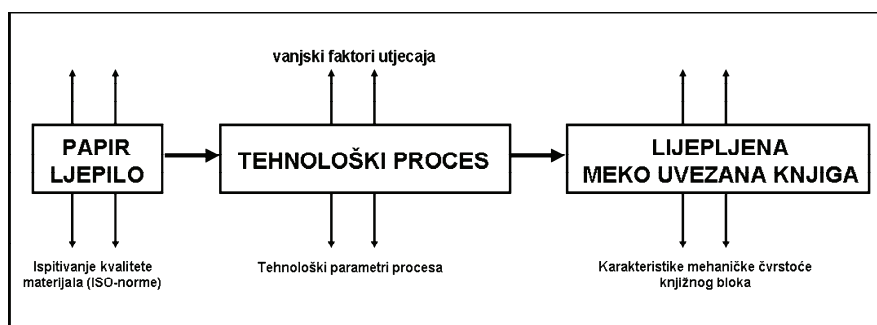
Najveća mehanička naprezanja pojavljuju se na mjestu linije uvezivanja (hrbat knjižnog bloka), odnosno na međupovršinama poprečnog presjeka pojedinačnog lista papira i sloja ljepila. Karakteristike njihova međusobnog povezivanja određene su kvantitativnom i vizualnom metodom vrednovanja kvalitete uveza knjige. U kvantitativnoj metodi, čvrstoća knjižnog bloka ocijenjena je na temelju srednje vrijednosti sile kidanja lista papira po jedinici visine hrpta knjižnog bloka N/cm (tab.1.). [11,96] Nadalje, vizualna metoda služi samo za potrebe evaluacije načina popuštanja slijepljenog spoja (adhezija, kohezija) na mjestu linije uvezivanja lista papira.

**Tablica 1. Vrijednosne ocjene čvrstoće knjižnog bloka [11,97]**

Očekivana srednja vrijednost sile kidanja lista papira [N/cm]	Vrijednosna ocjena čvrstoće KB
manje od 4,50	loše uvezivanje
5,60 - 6,50	granično uvezivanje
6,60 - 7,70	dobro uvezivanje
više od 7,70	vrlo dobro uvezivanje

U predviđanju kvalitete uveza knjige treba imati na umu karakteristike konstrukcije stroja za meki uvez. Naime, kod premazanog papira, nakon ohrapavljenja zaostaju anorganske čestice površini papira. Bezdrvni, premazani i voluminozni papir najčešće se koriste za izradu

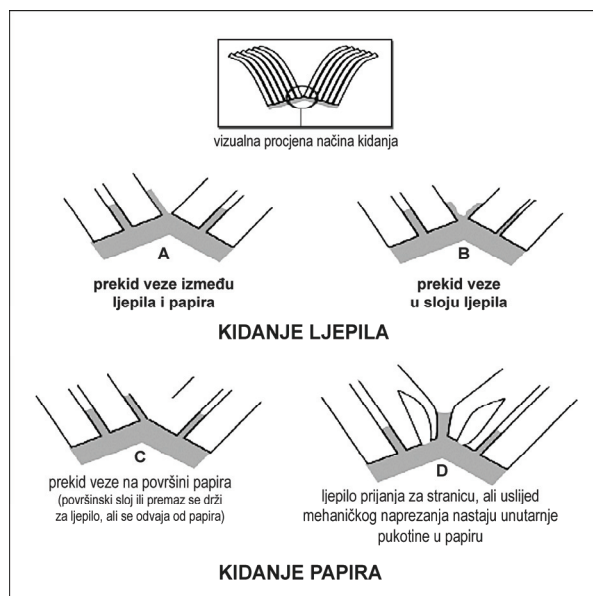
lijepljene knjige. Optimalna mehanička obrada hrpta knjižnog bloka preduvjet je za postizanje kvalitete uveza lijepljene knjige (sl. 32.).



**Slika 32. Čimbenici koji utječu na kvalitetu uvezivanja [98]**

Kvaliteta uveza knjige izravno ovisi o gore navedenim čimbenicima. Nemoguće je utjecati na svojstva papira i ljepila u tehnološkom procesu, ali je moguće utjecati na određene parametre u tehnološkom procesu (obrada hrpta knjižnog bloka i lijepljenje) koji će izravno nadomjestiti negativne karakteristike materijala.

S obzirom na specifična svojstva određene vrste papira, primjenjuje se vizualna procjena određivanja mjesta pucanja veze koja je najčešće na samoj liniji uvezivanja ili odmah blizu nje. S obzirom na način popuštanja u eksperimentalnim ispitivanjima postoji popuštanje adhezijskog spoja na međupovršini, popuštanje kohezijskog spoja u masi ljepila ili papira i kombinirani način (sl. 33.). Premazani papiri zbog specifičnih svojstava površinskog premaza (mat, sjajni) imaju tendenciju odvajanja od osnovne strukture papira nakon djelovanja vlačne sile kidanja. Može se očekivati da čvrstoća slijepljenog spoja između površinskog premaza i ljepila bude veća nego čvrstoća adhezijske veze između površinskog premaza i osnovne strukture papira. Nepremazani i voluminozni papiri pokazuju tendenciju unutrašnjeg cijepanja zbog djelovanja vlačne sile kidanja.



**Slika 33. Popuštanje adhezijskih spojeva [82]**

## **2.8. UBRZANO STARENJE U FUNKCIJI PROMJENE KVALITETE MEKO UVEZANE LIJEPLJENE KNJIGE**

Svi materijali podliježu prirodnom procesu starenja. To su predvidljivi fizikalno-kemijski procesi, ali često vrlo složeni. Proces se odvija sporo samo ako su molekule svih materijala postigle svoja ravnotežna energetska stanja, te se ti odnosi više međusobno ne narušavaju. U laboratorijskim uvjetima (ubrzano starenje) izlaganja papira temperaturi od 105°C u trajanju od 72 sata približno odgovara vremenu od 25 godina prirodnog starenja. Starenje papira izravno određuje njegova morfologija i tehnološki proces proizvodnje, te učinci jakosti elektromagnetskog zračenja, povišenje temperature i relativne vlažnosti zraka.[99,100,101]

Vijek trajanja meko uvezane lijepljene knjige je ograničen. Upotrebna vrijednost knjige tijekom određenog razdoblja smanjuje se kao posljedica slabljenja čvrstoće knjižnog bloka. Proces starenja izravno utječe na smanjenje čvrstoće slijepljenog spoja. S. Korhonen potvrđuje štetnost utjecaja promjene temperature i relativne vlažnosti zraka na čvrstoću knjižnog bloka jer promjena dimenzionalne stabilnosti papira utječe na jačinu naprezanja linije uvezivanja.[73]

Čimbenici koji utječu na promjenu čvrstoće slijepljenog spoja su: temperatura, relativna vlažnost zraka, elektromagnetsko zračenje i kemijski spojevi nastali zagađivanjem okoliša. Proces ubrzanog starenja (eng. *accelerated ageing*) određuje zatvoreni sustav te nastaju određene ireverzibilne reakcije u materijalu papira i ljeplila. Uvjeti starenja određeni su na temelju procjene promjene u sustavu unutar duljeg razdoblja. Dakle, u simulaciji sustava



prirodnog starenja, razdoblje starenja određuje se iz Arrheniusova odnosa [102], prema jednadžbi:  $k = \ln - (EA / R) * 1 / T$ , pri čemu je:

A = "faktor frekvencije", konstanta

R = plinska konstanta, koja je bitna za idealne plinove,

EA = energija aktivacije, konstanta specifična za određenu tvar

T = temperatura (izraženo u Kelvinovim stupnjevima),

k = iznos (koncentracija) tvari određene promjene po jedinici vremena.

To je standardizirani zatvoreni sustav s definiranim parametrima koji su navedeni u literaturi.[102] Povećanje temperature do 10°C je ekvivalent udvostručenja brzine starenja ili obrnuto. To znači sljedeće:

105°C; 3 dana starenja je ekvivalent 65°C, 1 mjesec i 18 dana starenja

95°C; 6 dana starenja je ekvivalent 60°C, 2 mjeseca i 12 dana starenja

85°C; 12 dana starenja je ekvivalent 20°C, 3 godine i 2 mjeseca starenja

Visoka temperatura zraka primarni je čimbenik koji utječe na propadanje čvrstoće knjižnog bloka. Naime, propadanje slijepljenog spoja rezultat je kemijske razgradnje termoplasta. Zbog velike jakosti elektromagnetskog zračenja u UV području nastaju ireverzibilne promjene u kopolimeru etilen-vinil-acetata. Depolimerizacija kopolimera rezultat je djelovanja UV zračenja. Karakterističan oblik pukotine u taljivom ljepilu nastaje zbog smanjenja molekularne težine kopolimera. Propadanje termoplasta utvrđeno je vizualnom procjenom promjene njegova fizičkog stanja i specifične obojenosti. Suprotno tome, primarni faktor utjecaja na stabilnost termoplasta je vrijednost temperature zraka od 23°C, koja ne utječe na degradaciju termoplasta.[103]

Ireverzibilne kemijske promjene stanja papira utvrđene su nakon procesa starenja koji propisuje standard ISO 5630-3. Na temelju vizualne procjene utvrđeno je drastično smanjenje njegove elastičnosti – postaje lomljiv i karakteristične je žućkaste boje. Stupanj degradacije papira ovisi o jakosti djelovanja elektromagnetskog zračenja (UV, vidljivi). Atmosferski zagađivači, mikroorganizmi i gljivice vanjski su čimbenici koji također utječu na ireverzibilne promjene stanja papira.[104]

Izravan je utjecaj relativne vlažnosti zraka na higroskopna svojstva papira kroz promjenu stanja vlakna. Povećanje vlage uzrokuje stres u vlaknima zbog bubrenja. Promjer vlakna se povećava, a pretjerana hidratacija papira uzrokuje bubrenje vlakna, zbog čega ona gube svoja prvotna mehanička svojstva.

## 2.9. LINEARNA REGRESIJA

Linearna regresija primjenjuje se pri izračunavanju odstupanja vrijednosti čvrstoće slijepljenog spoja ovisno o starenju. U idealnom slučaju, proporcionalno smanjivanje vrijednosti čvrstoće ovisno o starenju potvrđeno je pravcem pod kutom od  $45^\circ$ , koji se može opisati jednadžbom pravca  $y = kx + b$ , pri čemu je koeficijent smjera  $k = \tan \alpha$ ,  $b$  odrezak na osi  $y$ . Ako je očekivanje  $E(y/x) = f_1(x)$  varijable  $y$  pri kondicionalnoj distribuciji linearna funkcija od  $x$ , govorimo o linearnoj regresiji varijable  $y$  s obzirom na varijablu  $x$ . [105] Kod linearne regresije varijable  $y$  s obzirom na varijablu  $x$ , moguće je koeficijente  $k$  i  $b$  izraziti koeficijentom determinacije  $R^2$ . Koeficijent determinacije  $R^2$  predstavlja kvadrat koeficijenta korelacije  $r$ . Koeficijent korelacije je mjera linearnosti dviju promatranih varijabli  $x$  i  $y$ , pa koeficijent determinacije možemo promatrati kao mjeru linearnosti. To znači da, ako je  $R^2 = 1$ , postoji linearna veza  $y = kx + b$ . Za vrijednost koeficijenta determinacije općenito možemo

reći:  $0 \leq R^2 \leq 1$  i prikazati ga matematičkim izrazom:  $R^2 = \frac{\mu_{11}^2}{s_1^2 s_2^2}$ .

U navedenom izrazu  $\mu$  je mješoviti moment prvog reda,  $s_1$  disperzija podataka za  $X$ ,  $s_2$  disperzija podataka za  $Y$ , pri čemu je:

$$\mu_{11}^2 = E[XY] - E[X] E[Y], \quad s_1^2 = E[X^2] - E^2[X], \quad s_2^2 = E[Y^2] - E^2[Y],$$

$$X = x_1, x_2, x_3, \dots, x_m, \quad Y = y_1, y_2, y_3, \dots, y_n,$$

$$\text{pri čemu je: } E[XY] = \sum_{i=1}^{m_1} \sum_{j=1}^{n_1} x_i y_j \frac{f(x_i, y_j)}{mn} \quad E[X] = \sum_{i=1}^{m_1} x_i \frac{f(x_i)}{m} \quad E[Y] = \sum_{j=1}^{n_1} y_j \frac{f(y_j)}{n}.$$

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

#### **3.1. PRISTUP PROBLEMU**

Svrha istraživanja ovog rada je odrediti čimbenike koji utječu na promjenu čvrstoće knjižnog bloka. Promjena čvrstoće slijepljenog spoja posljedica je starenja lijepljene knjige. Kvantitativna metoda eksperimentalnog dijela istraživanja nastoji utvrditi postoji li povezanost čvrstoće slijepljenog spoja i starenja u određenom vremenskom razmaku. Statistička metoda regresijske analize korištena je za potrebe evaluacije povezanosti čvrstoće i starenja.[106,107]

Pretpostavlja se da je promjena čvrstoće slijepljenog spoja rezultat degradacije materijala, dakle papira i ljepila. Evaluacija linije uvezivanja pojedinačnog lista papira provedena je metodom mikroskopske analize (slikovni prikaz). Karakteristika presjeka površine lista papira jedan je od čimbenika koji utječu na promjenu čvrstoće knjižnog bloka s obzirom na starenje.

Svrha promatranja promjene čvrstoće knjižnog bloka unutar određenoga vremenskog intervala je utvrditi relevantne čimbenike koji utječu na promjenu čvrstoće adhezijske i kohezijske veze. Za potrebe ovog istraživanja provedeni su standardizirani uvjeti pripreme materijala (papira, ljepila) i tehnološkog procesa uveza lijepljene knjige .

Kvantitativna i vizualna (slikovni prikaz) metoda promatranja primijenjene su isključivo za potrebe utvrđivanja nastalih promjena na presjeku površine i površini papira uz samu liniju uvezivanja. Pretpostavlja se da su svojstva i struktura papira jedan od čimbenika promjene čvrstoće slijepljenog spoja. Stoga su za potrebe ovog istraživanja provedena laboratorijska mjerenja općih, površinskih i mehaničkih svojstava papira.

#### **3.2. MATERIJALI I UREĐAJI**

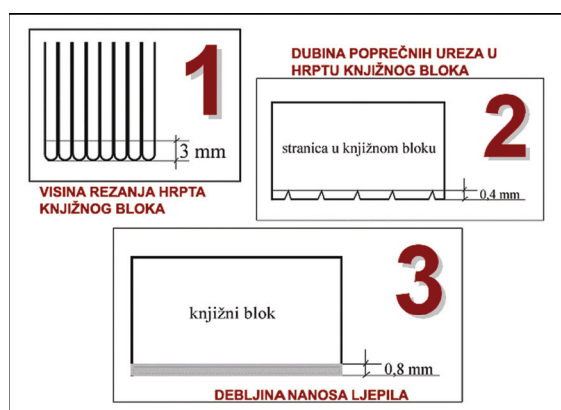
##### **3.2.1. Oblikovanje knjige, izbor tehnologije uveza i korišteni materijali**

Istraživanja su provedena na meko uvezanoj lijepljenoj knjizi, a korišteno je taljivo ljepilo. Izdvojene su knjige s obzirom na vrstu papira. Istraživanja su provedena isključivo na mjestu linije uvezivanja. Za potrebe istraživanja svojstava papira, od proizvođača papira dobiveni su dodatni uzorci različite vrste papira.

U stroju za meki uvez izrađeni su uzorci knjiga dimenzije 150 mm (širina) x 210 mm (visina). Osam knjižnih slogova od 16 stranica, dakle ukupno 128 stranica, čini opseg knjižnog bloka. Nakon tehnološkog procesa obrade hrpta, 64 pojedinačna lista papira čine knjižni blok. U tehnološkom procesu lijepljenja pojedinačni listovi papira međusobno se povezuju preko

presjeka svoje površine uzduž linije uvezivanja, dakle kroz visinu hrpta knjižnog bloka. Kartonske korice lijepe se se izravno na hrbat knjižnog bloka između drugog i trećeg utora. Konstrukcija kružnog stroja za meki uvez Pony<sup>5</sup><sup>2</sup> sadržava tehnološke jedinice za proces transporta – stezaljke, tehnološku jedinicu s alatom za rezanje hrptenog pregiba knjižnih slogova i alatom za ohrapavljenje površine presjeka svih pojedinačnih listova papira (hrbat knjižnog bloka), uređaj za odvođenje papirnat prašine, tehnološku jedinicu za lijepljenje, tehnološku jedinicu za žlijebljenje, naljepljivanje korica i prešanje hrpta knjige, te tehnološku jedinicu za transportiranje i izlaganje knjige. Obrezivanje knjiga s tri strane provedeno je naknadno na brzorezaćem stroju.

U uvjetima standardizirane tehnološke proizvodnje lijepljene knjige (ISO 11800, 187, 3219) korištene su sljedeće vrijednosti parametara (sl. 34.): vrijednosti parametara visine rezanja hrptenog pregiba iznosi 3 mm, a visina poprečnih ureza u presjeku lista papira iznosi 0,4 mm.



**Slika 34. Vrijednosti parametara u tehnološkom načinu uveza lijepljene knjige**
















Korišteno je taljivo ljepilo Planatol HM 6010, na bazi kopolimera elilen-vinil-acetata (IUPAC)[108]. Vrijednost parametra temperature ljepila iznosi 130° C, a vrijednost parametra viskoznosti ljepila iznosi 2,16 Pa\*s. Vrijednost parametra debljine nanosa sloja ljepila na hrbat knjižnog bloka iznosi 0,80 mm, a otvoreni vremenski interval sušenja ljepila iznosi 6 sekundi. Ukupno je uvezano 500 primjeraka knjiga, dakle 100 primjeraka za svaku vrstu papira.






Za potrebe istraživanja promjene čvrstoće knjižnog bloka ovisno o starenju korištene su različite vrste papira s obzirom na tehnološki postupak njegove izrade. Bezdrveni papir, trostruko premazani papir i voluminozni papir korišteni su za potrebe istraživanja promjene

<sup>2</sup> Grapha Hans Muller AG Zofingen, Švicarska, tip stroja RBJ – 5 NR 84149-F

čvrstoće slijepljenog spoja. Izbor dviju različitih gramatura papira za bezdrvni i trostruko premazani papir omogućuje lakše vrednovanje promjene čvrstoće slijepljenog spoja s obzirom na starenje. Širina presjeka lista papira i njegova strukturna svojstva izravno utječu na čvrstoću adhezijske veze, što pokazuju rezultati čvrstoće knjižnog bloka. Sistematizacija uzoraka papira i knjižnog bloka prikazana je u tablici 2.

**Tablica 2. Sistematizacija uzoraka papira i knjižnog bloka**

<u>Vrsta papira</u>	<u>Trgovački naziv</u>	<u>Gramatura (g/m<sup>2</sup>)</u>	<u>Kataloška oznaka papira</u>
Bezdrvni nepremazani	Amber Graphic	80	<b>N_80</b>
Bezdrvni nepremazani	Amber Graphic	100	<b>N_100</b>
Bezdrvni trostruko obostrano premazani (sjajni) -za umjetnički tisak	Maxi gloss	115	<b>P_115</b>
Bezdrvni trostruko obostrano premazani (mat) -za umjetnički tisak	Maxi satin	150	<b>P_150</b>
Voluminozni	Munken White Print, 15	80	<b>V_80</b>
<i>Kat. oznaka papira</i>	<i>Kat. oznaka knjižnog bloka</i>	<i>Kat. oznaka knjižnog bloka nakon ohrapavljenja</i>	
 <b>N_80</b>	 <b>N_80kb</b>	 <b>N_80kb<sub>x</sub></b>	
 <b>N_100</b>	 <b>N_100kb</b>	 <b>N_100kb<sub>x</sub></b>	
 <b>P_115</b>	 <b>P_115kb</b>	 <b>P_115kb<sub>x</sub></b>	
 <b>P_150</b>	 <b>P_150kb</b>	 <b>P_150kb<sub>x</sub></b>	
 <b>V_80</b>	 <b>V_80kb</b>	 <b>V_80kb<sub>x</sub></b>	

<u>Knjižni blok</u>	<i>Kataloška oznaka knjižnog bloka s obzirom na godine starenja</i>			
<i>Kataloška oznaka knjižnog bloka</i>	Vremenski period starenja (godina)			
	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>4</i>
 <b>N_80kb</b>	N_80kb <sub>0</sub>	N_80kb <sub>1</sub>	N_80kb <sub>2</sub>	N_80kb <sub>4</sub>
 <b>N_100kb</b>	N_100kb <sub>0</sub>	N_100kb <sub>1</sub>	N_100kb <sub>2</sub>	N_100kb <sub>4</sub>
 <b>P_115kb</b>	P_115kb <sub>0</sub>	P_115kb <sub>1</sub>	P_115kb <sub>2</sub>	P_115kb <sub>4</sub>
 <b>P_150kb</b>	P_150kb <sub>0</sub>	P_150kb <sub>1</sub>	P_150kb <sub>2</sub>	P_150kb <sub>4</sub>
 <b>V_80kb</b>	V_80kb <sub>0</sub>	V_80kb <sub>1</sub>	V_80kb <sub>2</sub>	V_80kb <sub>4</sub>
<i>Uvjeti simuliranog starenja: 23°C i 90%RH</i>				

Za potrebe vrednovanja čvrstoće knjižnog bloka s obzirom na razdoblje starenja pripremljeni su uzorci pojedinačnih listova papira koji se nalaze na određenom mjestu u knjižnom bloku. Isti uzorci korišteni su za potrebe valorizacije i evaluacije promjene čvrstoće slijepljenog spoja. Sistematizacija uzoraka prikazana je u tablici 3.

**Tablica 3. Sistematizacija uzoraka pojedinačnog lista papira**

<i>Kataloška oznaka pojedinačnog lista papira u knjižnom bloku</i>	<b>KATALOŠKA OZNAKA UZORKA</b>			
	<i>Godina starenja (23° C i 90% RH)</i>			
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
N_80kb <sub>A</sub>	N_80kb <sub>A0</sub>	N_80kb <sub>A1</sub>	N_80kb <sub>A2</sub>	N_80kb <sub>A4</sub>
N_80kb <sub>B</sub>	N_80kb <sub>B0</sub>	N_80kb <sub>B1</sub>	N_80kb <sub>B2</sub>	N_80kb <sub>B4</sub>
N_80kb <sub>C</sub>	N_80kb <sub>C0</sub>	N_80kb <sub>C1</sub>	N_80kb <sub>C2</sub>	N_80kb <sub>C4</sub>
N_80kb <sub>D</sub>	N_80kb <sub>D0</sub>	N_80kb <sub>D1</sub>	N_80kb <sub>D2</sub>	N_80kb <sub>D4</sub>
N_80kb <sub>E</sub>	N_80kb <sub>E0</sub>	N_80kb <sub>E1</sub>	N_80kb <sub>E2</sub>	N_80kb <sub>E4</sub>
N_80kb <sub>F</sub>	N_80kb <sub>F0</sub>	N_80kb <sub>F1</sub>	N_80kb <sub>F2</sub>	N_80kb <sub>F4</sub>
N_80kb <sub>G</sub>	N_80kb <sub>G0</sub>	N_80kb <sub>G1</sub>	N_80kb <sub>G2</sub>	N_80kb <sub>G4</sub>
N_80kb <sub>H</sub>	N_80kb <sub>H0</sub>	N_80kb <sub>H1</sub>	N_80kb <sub>H2</sub>	N_80kb <sub>H4</sub>
N_80kb <sub>I</sub>	N_80kb <sub>I0</sub>	N_80kb <sub>I1</sub>	N_80kb <sub>I2</sub>	N_80kb <sub>I4</sub>
N_80kb <sub>J</sub>	N_80kb <sub>J0</sub>	N_80kb <sub>J1</sub>	N_80kb <sub>J2</sub>	N_80kb <sub>J4</sub>
N_100kb <sub>A</sub>	N_100kb <sub>A0</sub>	N_100kb <sub>A1</sub>	N_100kb <sub>A2</sub>	N_100kb <sub>A4</sub>
N_100kb <sub>B</sub>	N_100kb <sub>B0</sub>	N_100kb <sub>B1</sub>	N_100kb <sub>B2</sub>	N_100kb <sub>B4</sub>
N_100kb <sub>C</sub>	N_100kb <sub>C0</sub>	N_100kb <sub>C1</sub>	N_100kb <sub>C2</sub>	N_100kb <sub>C4</sub>
N_100kb <sub>D</sub>	N_100kb <sub>D0</sub>	N_100kb <sub>D1</sub>	N_100kb <sub>D2</sub>	N_100kb <sub>D4</sub>
N_100kb <sub>E</sub>	N_100kb <sub>E0</sub>	N_100kb <sub>E1</sub>	N_100kb <sub>E2</sub>	N_100kb <sub>E4</sub>
N_100kb <sub>F</sub>	N_100kb <sub>F0</sub>	N_100kb <sub>F1</sub>	N_100kb <sub>F2</sub>	N_100kb <sub>F4</sub>
N_100kb <sub>G</sub>	N_100kb <sub>G0</sub>	N_100kb <sub>G1</sub>	N_100kb <sub>G2</sub>	N_100kb <sub>G4</sub>
N_100kb <sub>H</sub>	N_100kb <sub>H0</sub>	N_100kb <sub>H1</sub>	N_100kb <sub>H2</sub>	N_100kb <sub>H4</sub>
N_100kb <sub>I</sub>	N_100kb <sub>I0</sub>	N_100kb <sub>I1</sub>	N_100kb <sub>I2</sub>	N_100kb <sub>I4</sub>
N_100kb <sub>J</sub>	N_100kb <sub>J0</sub>	N_100kb <sub>J1</sub>	N_100kb <sub>J2</sub>	N_100kb <sub>J4</sub>
P_150kb <sub>A</sub>	P_150kb <sub>A0</sub>	P_150kb <sub>A1</sub>	P_150kb <sub>A2</sub>	P_150kb <sub>A4</sub>
P_150kb <sub>B</sub>	P_150kb <sub>B0</sub>	P_150kb <sub>B1</sub>	P_150kb <sub>B2</sub>	P_150kb <sub>B4</sub>
P_150kb <sub>C</sub>	P_150kb <sub>C0</sub>	P_150kb <sub>C1</sub>	P_150kb <sub>C2</sub>	P_150kb <sub>C4</sub>
P_150kb <sub>D</sub>	P_150kb <sub>D0</sub>	P_150kb <sub>D1</sub>	P_150kb <sub>D2</sub>	P_150kb <sub>D4</sub>
P_150kb <sub>E</sub>	P_150kb <sub>E0</sub>	P_150kb <sub>E1</sub>	P_150kb <sub>E2</sub>	P_150kb <sub>E4</sub>
P_150kb <sub>F</sub>	P_150kb <sub>F0</sub>	P_150kb <sub>F1</sub>	P_150kb <sub>F2</sub>	P_150kb <sub>F4</sub>
P_150kb <sub>G</sub>	P_115kb <sub>G0</sub>	P_115kb <sub>G1</sub>	P_115kb <sub>G2</sub>	P_115kb <sub>G4</sub>

P_150kb <sub>H</sub>	P_115kb <sub>H0</sub>	P_115kb <sub>H1</sub>	P_115kb <sub>H2</sub>	P_115kb <sub>H4</sub>
P_150kb <sub>I</sub>	P_115kb <sub>I0</sub>	P_115kb <sub>I1</sub>	P_115kb <sub>I2</sub>	P_115kb <sub>I4</sub>
P_150kb <sub>J</sub>	P_115kb <sub>J0</sub>	P_115kb <sub>J1</sub>	P_115kb <sub>J2</sub>	P_115kb <sub>J4</sub>
P_115kb <sub>A</sub>	P_115kb <sub>A0</sub>	P_115kb <sub>A1</sub>	P_115kb <sub>A2</sub>	P_115kb <sub>A4</sub>
P_115kb <sub>B</sub>	P_115kb <sub>B0</sub>	P_115kb <sub>B1</sub>	P_115kb <sub>B2</sub>	P_115kb <sub>B4</sub>
P_115kb <sub>C</sub>	P_115kb <sub>C0</sub>	P_115kb <sub>C1</sub>	P_115kb <sub>C2</sub>	P_115kb <sub>C4</sub>
P_115kb <sub>D</sub>	P_115kb <sub>D0</sub>	P_115kb <sub>D1</sub>	P_115kb <sub>D2</sub>	P_115kb <sub>D4</sub>
P_115kb <sub>E</sub>	P_115kb <sub>E0</sub>	P_115kb <sub>E1</sub>	P_115kb <sub>E2</sub>	P_115kb <sub>E4</sub>
P_115kb <sub>F</sub>	P_115kb <sub>F0</sub>	P_115kb <sub>F1</sub>	P_115kb <sub>F2</sub>	P_115kb <sub>F4</sub>
P_115kb <sub>G</sub>	P_115kb <sub>G0</sub>	P_115kb <sub>G1</sub>	P_115kb <sub>G2</sub>	P_115kb <sub>G4</sub>
P_115kb <sub>H</sub>	P_115kb <sub>H0</sub>	P_115kb <sub>H1</sub>	P_115kb <sub>H2</sub>	P_115kb <sub>H4</sub>
P_115kb <sub>I</sub>	P_115kb <sub>I0</sub>	P_115kb <sub>I1</sub>	P_115kb <sub>I2</sub>	P_115kb <sub>I4</sub>
P_115kb <sub>J</sub>	P_115kb <sub>J0</sub>	P_115kb <sub>J1</sub>	P_115kb <sub>J2</sub>	P_115kb <sub>J4</sub>
V_80kb <sub>A</sub>	V_80kb <sub>A0</sub>	V_80kb <sub>A1</sub>	V_80kb <sub>A2</sub>	V_80kb <sub>A4</sub>
V_80kb <sub>B</sub>	V_80kb <sub>B0</sub>	V_80kb <sub>B1</sub>	V_80kb <sub>B2</sub>	V_80kb <sub>B4</sub>
V_80kb <sub>C</sub>	V_80kb <sub>C0</sub>	V_80kb <sub>C1</sub>	V_80kb <sub>C2</sub>	V_80kb <sub>C4</sub>
V_80kb <sub>D</sub>	V_80kb <sub>D0</sub>	V_80kb <sub>D1</sub>	V_80kb <sub>D2</sub>	V_80kb <sub>D4</sub>
V_80kb <sub>E</sub>	V_80kb <sub>E0</sub>	V_80kb <sub>E1</sub>	V_80kb <sub>E2</sub>	V_80kb <sub>E4</sub>
V_80kb <sub>F</sub>	V_80kb <sub>F0</sub>	V_80kb <sub>F1</sub>	V_80kb <sub>F2</sub>	V_80kb <sub>F4</sub>
V_80kb <sub>G</sub>	V_80kb <sub>G0</sub>	V_80kb <sub>G1</sub>	V_80kb <sub>G2</sub>	V_80kb <sub>G4</sub>
V_80kb <sub>H</sub>	V_80kb <sub>H0</sub>	V_80kb <sub>H1</sub>	V_80kb <sub>H2</sub>	V_80kb <sub>H4</sub>
V_80kb <sub>I</sub>	V_80kb <sub>I0</sub>	V_80kb <sub>I1</sub>	V_80kb <sub>I2</sub>	V_80kb <sub>I4</sub>
V_80kb <sub>J</sub>	V_80kb <sub>J0</sub>	V_80kb <sub>J1</sub>	V_80kb <sub>J2</sub>	V_80kb <sub>J4</sub>

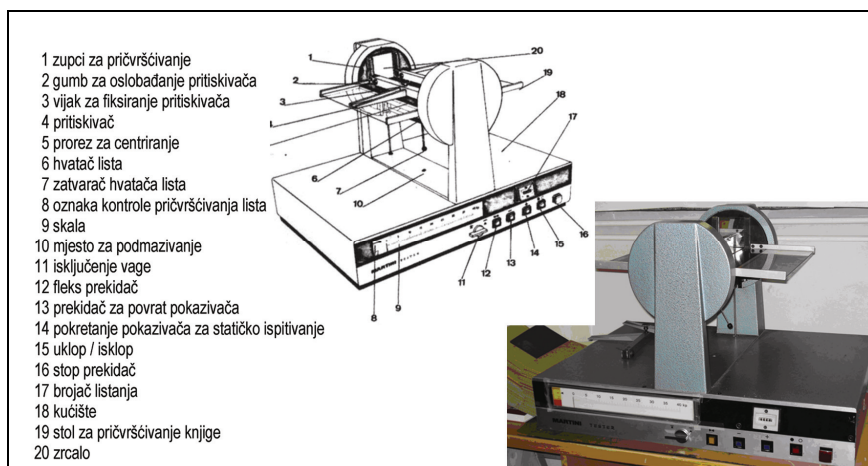
### 3.2.2. Korišteni uređaji

Mikrovalna komora tipa EPZ proizvođača Institut Zoran Rant (sl. 35.) korištena je za simulaciju ubrzanog starenja. Vrijednosti parametara temperature zraka su u intervalu od  $+15^{\circ}\text{C}$  do  $+90^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  i relativne vlažnosti zraka od 20% do  $90\% \pm 5\%$ . Dimenzije komore su 630 x 610 x 550 mm.



Slika 35. Mikrovalna komora

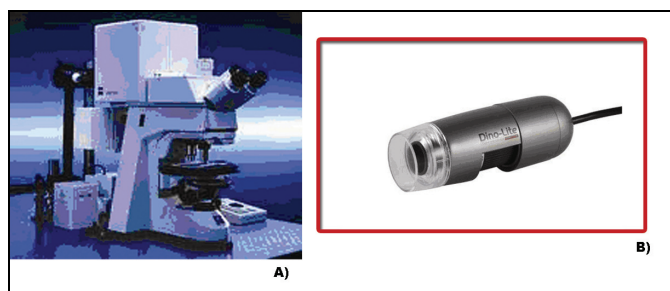
Uređaj Martini Tester, Type VA-kidalica korišten je za potrebe određivanja kvantitativne vrijednosti sile kidanja pojedinačnog lista papira. Korištena je statička metoda određivanja čvrstoće slijepljenog spoja (sl. 36.).



Slika 36. Pull tester Martini, Type VA

Za potrebe slikovnog prikaza presjeka površine lista papira korišten je optički mikroskop Carl Zeiss, povećanje 100 x i 200 x (sl. 37.). Za potrebe mikroskopske vizualne procjene površine lista papira na mjestu linije uvezivanja korišten je digitalni mikroskop Dino-lite AM413T, povećanje 60 x i 200 x (sl. 37.).





**Slika 37. Optički mikroskop Carl Zeiss (A) i Digitalni mikroskop Dino-lite AM413T (B)**

Određivanje površinske hrapavosti papira metodom Bendtsen podrazumijeva izmjeru količine zraka (u ml) koja iz zvona (mjerne glave) izlazi u atmosferu u jedinici vremena (1 min). Uređaj mjeri prolaz zraka između glatkog prstena i površine papira (prsten se nalazi u sklopu mjerne glave i položen je na papir). Brzina zraka koji prolazi ovisna je o hrapavosti površine papira. U slučaju da je papir hrapaviji - više zraka uspije proći između prstena i papira čime je omogućeno jače strujanje zraka (očitava se veći broj ml/min). Koeficijent hrapavosti po Bendtsenu definira se kao količina zraka u jedinici vremena (ml/min) koja prođe između mjerne glave i uzorka uz tlak od 15 mbara i opterećenje od  $10\text{N/cm}^2$ .

Površinska apsorpcije papira metodom Cobb uključuje postupak određivanja količine apsorbirane vode u gramima, koju apsorbira  $1\text{m}^2$  papira u određenom vremenu. Mjerenja se provode zasebno za pustenu i sitovu stranu lista papira.

Kapilarna upojnost papira metodom Klemm provedena je s ciljem određivanja kapilarnog svojstva papira da okomito upija tekućinu (destilirana voda). Vrijeme trajanja pokusa je 10 minuta, uzorci papira se ispituju u uzdužnom i poprečnom smjeru. Nakon pokusa, na uzorku se očitava do koje visine se popela tekućina. Rezultati mjerenja dani su u milimetrima, posebno za uzdužni i poprečni smjer papira.

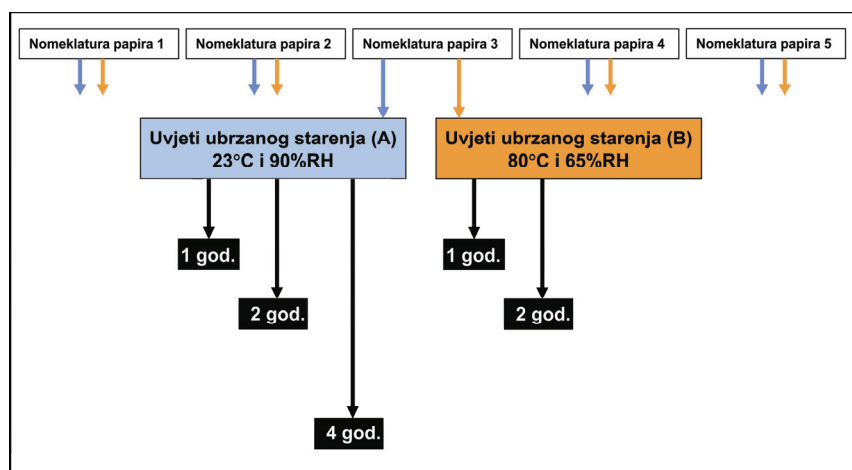
Otpornost papira prema kidanju i njegovo prekidno rastezanje provedeno je na kidalici. Instrument registrira vlačnu silu naprezanja (prekidna sila) potrebnu da dođe do kidanje ispitivane trake papira. Od početka ispitivanja do trenutka kidanja trake papira, otpornost papira prema kidanju je veća od vlačne sile koja djeluje na uzorak. Nakon kidanja trake papira vlačna sila je veća od otpornosti papira prema kidanju. Samo u trenutku kidanja ispitivane trake papira vlačna sila i otpornost prema kidanju su jednake, pa se mjerenjem jedne, sile, može odrediti i druga, otpornost prema kidanju. Zato se i otpornost prema kidanju izražava se N. Prekidna sila djeluje na uzorak jednodimenzionalno. Osim otpornosti prema kidanju na kidalici se mjeri i prekidno istezanje papira. To je postotno povećanje dimenzije papira od početne, u stanju mirovanja uređaja, do one u trenutku kidanja trake.

Otpornosti papira prema cijepanju po Elmendorfu podrazumijeva određivanje sile potrebne da se procijepa ispitivani uzorak koji je prethodno zarezan. Test se provodi na način da se više uzoraka ispitivanog papira pričvrsti na kvataljke od kojih je jedna sastvni dio stativa, a druga je sastavni dio klatna. Prije nego što se otpusti klatno, izvrši se na uzorcima definirano zarezivanje nožem. Definirano zarezivanje znači jednaku dubinu reza svaki puta za sve uzorke, kao jedan od uvjeta ponovljivosti testa. Opušteno klatno izvrši njihaj tokom kojeg se uzorci papira pocijepaju u nastavku reza. Mjeri se sila potrebna za cijepanje uzoraka i poistovjećuje se sa otpornošću papira prema cijepanju.

Sadržaj pepela u papiru je postotno izražen zaostatak nakon žarenja suhog uzorka na 900°C. Žarenje se provodi u mufolnoj peći tokom dva sata. Žarenjem sva organska materija u papiru sagorijeva, pa se pepeo zaostao nakon žarenja sastoji od isključivo anorganskih tvari.

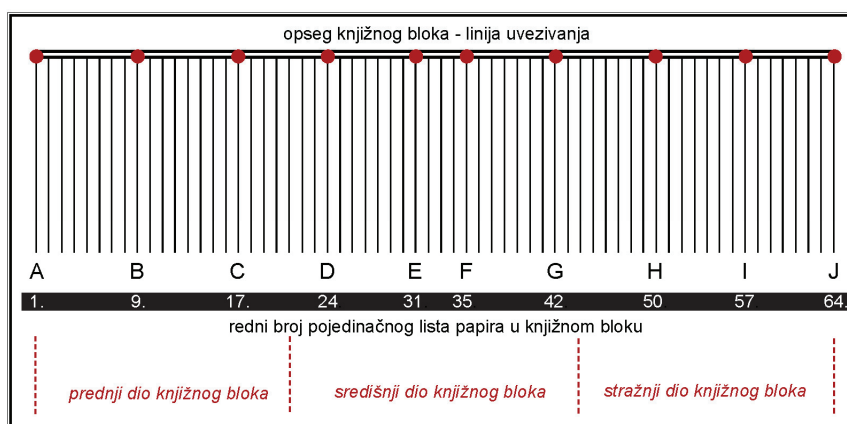
### 3.3. IZBOR METODA U VALORIZACIJI I EVALUACIJI ČVRSTOĆE KNJIŽNOG BLOKA

Za potrebe provođenja svih eksperimenata iz ukupne naklade knjiga nasumce je izdvojeno deset uzoraka knjiga koje čine jednu šaržu. Isto pravilo vrijedi za sve vrste papira. Pripremljeno je šest šarži. Prva šarža uzoraka (nakon uveza) korištena je za određivanje čvrstoće knjižnog bloka kvantitativnom metodom. Šarže II.-1, III.-2 i IV.-4 podvrgnute su uvjetima starenja (A) u različitim vremenskim intervalima, od jedne, dvije i četiri godine starenja. Šarže V.-1 i VI.-2 podvrgnute su uvjetima starenja (B) u različitim vremenskim intervalima, od jedne i dvije godine starenja. Dakle, za potrebe istraživanja provedene su dvije različite simulacije starenja s obzirom na temperaturu i relativnu vlažnost zraka (sl. 38.). Periodi starenja za uvjete (A) određeni su naknadno.



Slika 38. Sistematizacija uzoraka s obzirom na starenje

Neposredno nakon uvezivanja knjiga, nastoji se izabrati određeni broj pojedinačnih listova papira s obzirom na njihov položaj u knjižnom bloku. Cilj eksperimenta je vrednovanje čvrstoće knjižnog bloka kroz njegovu širinu jer pojedinačni listovi papira ostaju nepomično stajati okomito u odnosu na liniju uvezivanja. Nepomičan hrbat knjige je rezultat neelastičnosti ljepila. Stoga je izbor lista papira s obzirom na njegov položaj jednoliko raspoređen kroz prednji (A, B, C), središnji (D, E, F, G) i stražnji (H, I, J) dio knjižnog bloka, kao što je prikazano na slici 39.



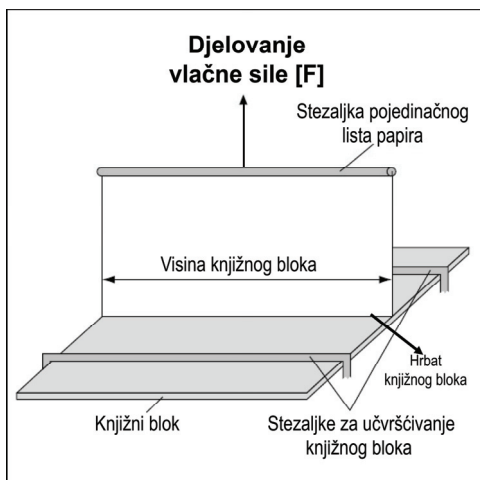
**Slika 39. Položaj pojedinačnih listova papira (A-J) u funkciji određivanja čvrstoće knjižnog bloka**

Nakon završetka procesa simuliranog starenja (B), koji je proveden po standardu ISO 56303:1996(E), utvrđena je degradacija termoplasta. Dakle, čvrstoću adhezijske veze na mjestu linije uvezivanja nije moguće odrediti kvantitativnom metodom jer su pojedinačni listovi papira međusobno odvojeni. Stoga valorizacija čvrstoće knjižnog bloka nije moguća.

Za potrebe valorizacije čvrstoće korišteni su uvjeti simuliranog starenja pri minimalnoj temperaturi i maksimalnoj relativnoj vlažnosti zraka, prema standardu ISO 9142:2003(E). Fizikalno starenje (eng. *physical aging*)[19] provedeno je u vremenskom intervalu od jedne, dvije i četiri godine. Zbog smanjenja utjecaja elektromagnetskog zračenja na termoplast, povećan je utjecaj vlage na papir. Valorizacija čvrstoće knjižnog bloka s obzirom na starenje je u funkciji mehaničkih svojstava papira.

Po završetku starenja uzoraka knjiga određuje se čvrstoća slijepljenog spoja pojedinačnih listova papira. Kvantitativnom statičkom metodom mjerenja određuje se vrijednost rezultata vlačne sile naprezanja odnosno kidanja. Vrijednosti rezultata svih pojedinačnih listova papira u knjižnom bloku korištene su pri valorizaciji čvrstoće knjižnog bloka. Provođenje kvantitativne statičke metode mjerenja na kidalici (sl. 40.) započinje s položajem lista papira

A i završava s položajem lista papira J. Vlačna sila naprezanja jednake jakosti djeluje uzduž cijele linije uvezivanja. Jakost djelovanja vlačne sile naprezanja kontinuirano se povećava i zaustavlja se u trenutku kidanja lista papira.



**Slika 40. Princip rada kidalice [11]**

Sistematizacija dobivenih vrijednosti rezultata sile kidanja određene vrste papira navedene u tablici utječe na ukupan rezultat čvrstoće knjižnog bloka. Sistematizacija mjerenja uzoraka s obzirom na položaj lista papira u knjižnom bloku i redni broj uzoraka knjige u šarži pridonosi kvalitetnijoj analizi rezultata čvrstoće knjižnog bloka. Rezultati standardne devijacije čvrstoće ( $\sigma$ ) korišteni su za potrebe procjene valjanosti provedenog eksperimenta.

**Tablica 4. Sistematizacija vrijednosti rezultata kvantitativne metode mjerenja određene vrste papira**

Vrsta papira: **bezdrveni nepremazani AMBER GRAPHIC 80 g/m<sup>2</sup>**  
 Vrsta ispitivanja na vlak: Statično  
 Format KB: 150 x 210mm; Linija uvezivanja: 210mm

N_80kb <sub>0</sub> [1-10]													
nakon uvezivanja		Redni broj uzorka											
	Redni broj lista u KB	Sila kidanja (N/cm)										Arit.sred.	σ
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	1.	11,45	11,87	8,97	11,02	10,65	9,58	11,45	9,48	9,11	10,28	10,38	1,06
B	9.	7,66	11,45	10,04	6,73	11,68	6,54	6,17	2,57	4,86	11,21	7,89	3,10
C	17.	5,47	11,02	7,94	9,58	7,71	4,91	6,03	6,54	7,57	8,41	7,52	1,88
D	24.	6,73	6,77	6,68	8,88	9,16	9,11	6,63	5,14	7,24	7,57	7,39	1,30
E	31.	9,16	7,38	7,57	8,27	7,71	8,18	8,41	6,91	6,54	6,26	7,64	0,90
F	35.	7,94	6,21	8,60	9,16	9,34	6,07	7,24	7,38	7,47	9,48	7,89	1,23
G	42.	6,77	8,69	9,62	9,58	10,00	6,35	7,24	6,21	6,49	9,58	8,05	1,57
H	50.	8,88	6,49	9,58	6,59	8,60	7,66	6,54	7,47	8,60	7,05	7,75	1,11
I	57.	6,63	5,79	5,84	5,84	6,26	9,16	7,94	8,03	8,88	6,17	7,05	1,32
J	64.	18,69	12,71	15,18	14,29	16,58	11,91	17,99	11,12	14,72	14,43	14,76	2,48
Arit.sred.		8,94	8,84	9,00	8,99	9,77	7,95	8,56	7,09	8,15	9,04		
σ		3,81	2,66	2,55	2,46	2,86	2,07	3,67	2,32	2,64	2,55		
Ukupna aritmetička sredina:		8,63											

Vizualna metoda procjene utvrđuje učestalost popuštanja adhezijskog (A) odnosno kohezijskog spoja u papiru ( $K_p$ ) na mjestu linije uvezivanja. Kumulativna vrijednost rezultata vizualne procjene potvrđuje vrijednosti rezultata kvantitativne metode (sl. 40.).

**Tablica 5. Sistematizacija vrijednosti rezultata metodom vizualne procjene  
određene vrste papira**

Vrsta papira: **bezdrveni nepremazani AMBER GRAPHIC 80 g/m<sup>2</sup>**

Vrsta ispitivanja: vizualna procjena linije uvezivanja

Format KB: 150 x 210mm; Linija uvezivanja: 210mm

<b>N 80kb<sub>0</sub> [1-10]</b>										
<b>nakon uvezivanja</b>										
<b>RB uzorka</b>	<b>1.</b>	<b>2.</b>	<b>3.</b>	<b>4.</b>	<b>5.</b>	<b>6.</b>	<b>7.</b>	<b>8.</b>	<b>9.</b>	<b>10.</b>
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanje spoja na mjestu linije uvezivanja									
	<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			<b>A</b> (na međupovršini)				<b>K<sub>lj</sub></b> (u sloju mase ljepila)		
<b>A</b>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	A
<b>B</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>C</b>	A	A	A	A	A	K <sub>p</sub>	A	A	A	A
<b>D</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>E</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>F</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>G</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>H</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>I</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>J</b>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
<b>Frekvencija K<sub>p</sub>:</b>										<b>19</b>
<b>Frekvencija A:</b>										<b>81</b>
<b>Frekvencija K<sub>lj</sub>:</b>										<b>0</b>

Mikroskopska analiza površine presjeka lista papira korištena je radi vizualne evaluacije. Tim pristupom promatranja uzorka utvrđene su promjene strukture papira na mjestu linije uvezivanja. Optičke snimke korištene su za potrebe valorizacije čvrstoće slijepljenog spoja. Ta se vrsta evaluacije odnosi samo na promatranje promjene parametra širine presjeka lista papira. Rezultati mjerenja provedeni su nakon ohrapavljenja, nakon uvezivanja, nakon 1. godine starenja, nakon 2. godine starenja i nakon 4. godine starenja. Metoda je korištena samo radi utvrđivanja promjene površinske strukture papira budući da uvjeti starenja nisu propisani standardom ISO 5630-3.

### 3.3.1. Određivanje svojstava papira

Za potrebe valorizacije čvrstoće knjižnog bloka ovisno o starenju provedeno je laboratorijsko ispitivanje uključujući opća, kemijska, površinska, strukturalnih i mehanička svojstva papira. Prije uvezivanja određeni su rezultati mjerenja svih vrsta papira. Gramatura papira, debljina papira, specifični volumen papira, udjel pepela u papiru, udjel  $\text{CaCO}_3$  u papiru, površinska i kapilarna upojnosti papira, površinska hrapavosti papira, te otpornost papira prema kidanju i cijepanju ispitani su prema standardima ISO 187, 536, 534, 8787, 8791-2, 1924-2 i TAPPI 412, 413, 414, 441. Također su određene vrijednosti rezultata mjerenja prekidne sile papira i prekidno istezanje (linijska deformacija) papira za potrebe evaluacije i valorizacije čvrstoće slijepljenog spoja. Za potrebe ovog istraživanja određeni su rezultati linijske deformacije papira prije uvezivanja, nakon uvezivanja i nakon starenja s obzirom na trajanje vremenskog intervala. Prekidna sila kidanja (čvrstoća lista papira) izražena je indeksom kidanja (indeks čvrstoće lista papira) zbog potrebe međusobnog uspoređivanja rezultata uzoraka papira različite gramature. Indeks kidanja određuje se na temelju omjera prekidne jakosti i gramature papira, a izražava se u  $\text{Nm/g}$ .

Rezultati mjerenja otpornosti papira na cijepanje određeni su radi vrednovanja mehaničkih svojstava lista papira na mjestu linije uvezivanja. Otpornost papira prema cijepanju jednaka je sili potrebnoj da se pocijepa uzorak papira koji je prethodno zarezan, što se zapravo odnosi na svojstvo površine lista papira nakon ohrapavljenja, na mjestu linije uvezivanja. Indeks cijepanja određuje se kao omjer otpornosti papira prema cijepanju i gramature papira, izražava se u  $\text{mNm}^2/\text{g}$  i korišten je za potrebe uspoređivanja rezultata mjerenja papira različite gramature.

Udjel pepela u papiru je kemijski sastav anorganskih tvari izražen u postocima koji se nalazi u papirnoj masi ili površinskom premazi oplemenjenih papira.

#### **4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA**

Preliminarna istraživanja provedena su s ciljem optimizacije tehnološkog procesa uvezivanja i procesa starenja. Rezultati promjene čvrstoće knjižnog bloka nakon starenja prema standardu ISO 5630-3: 1996(E) svih vrsta papira komentirani su u eksperimentalnom dijelu disertacije.

Smjernice praćenja tehnoloških procesa uvezivanja u funkciji su čvrstoće knjižnog bloka kada se koristi taljivo ljepilo. Vrijednosti tehnoloških varijabli ohrapavljena hrpta knjižnog bloka, viskoznosti i debljine nanosa sloja taline ljepila, otvoreni i zatvoreni vremenski interval sušenja ljepila određeni su u preliminarnom istraživanju za različite vrste papira.

Vrijednosti tehnoloških varijabli jednake su za različite vrste papira budući da je valorizacija rezultata čvrstoće knjižnog bloka zadovoljavajuća s obzirom na svojstva papira.

Postojanost čvrstoće knjižnog bloka nije održiva pri povišenoj temperaturi nakon starenja u trajanju od jedne i dvije godine. Parametar temperature zraka od 80° C izravno uzrokuje propadanje adhezijske veze, a isto tako i kohezijske veze u masi ljepila. Svaki pojedinačni list papira teži odvajanju iz knjižnog bloka na mjestu linije uvezivanja. Pojam čvrstoće knjižnog bloka u ovom slučaju kao takav ne postoji, ne postoji neposredna veza između listova papira. Stoga se sami rezultati evaluacije čvrstoće knjižnog bloka nalaze se u prilogu ove disertacije.

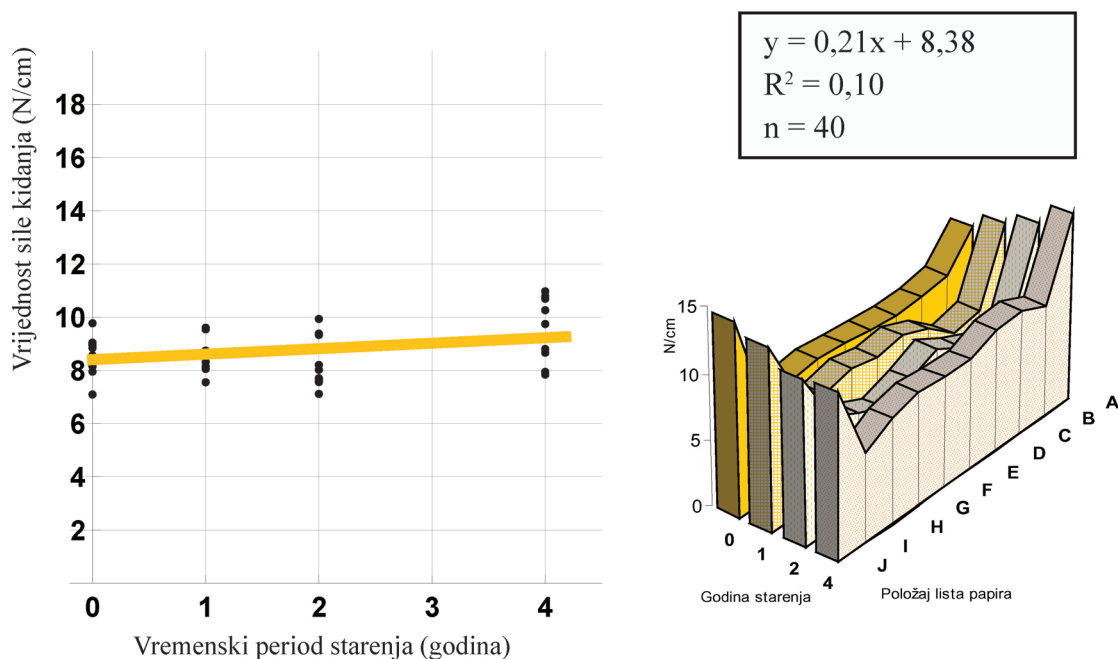
Ovisnost promjene čvrstoće knjižnog bloka o starenju moguće je odrediti samo u onim klimatskim uvjetima koji su u funkciji valorizacije čvrstoće slijepljenog spoja. Za potrebe valorizacije rezultata istraživanja provedeno je starenje prema standardu ISO 9142:2003(E) koje je u potpunosti razjašnjeno u eksperimentalnom dijelu disertacije.

**4.1. MJERENJA I MIKROSKOPSKA ANALIZA PROMJENE ČVRSTOĆE  
SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE ZA PAPIR N\_80**

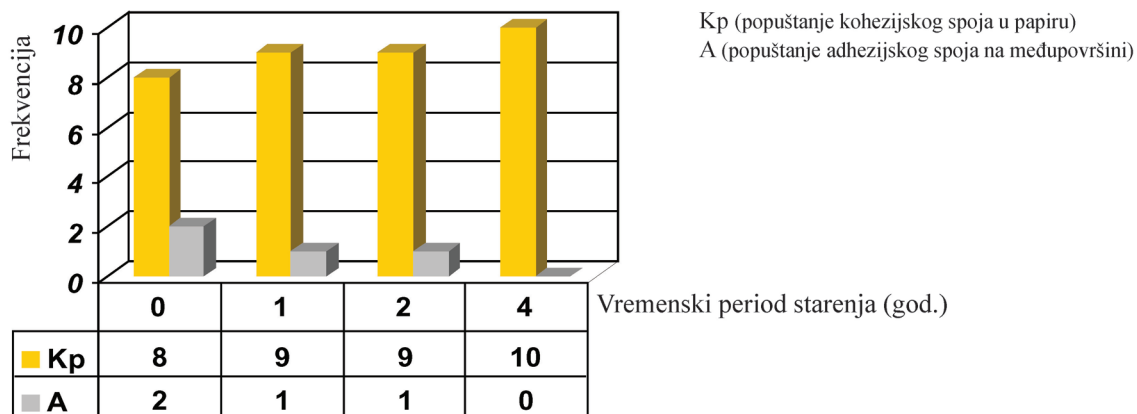
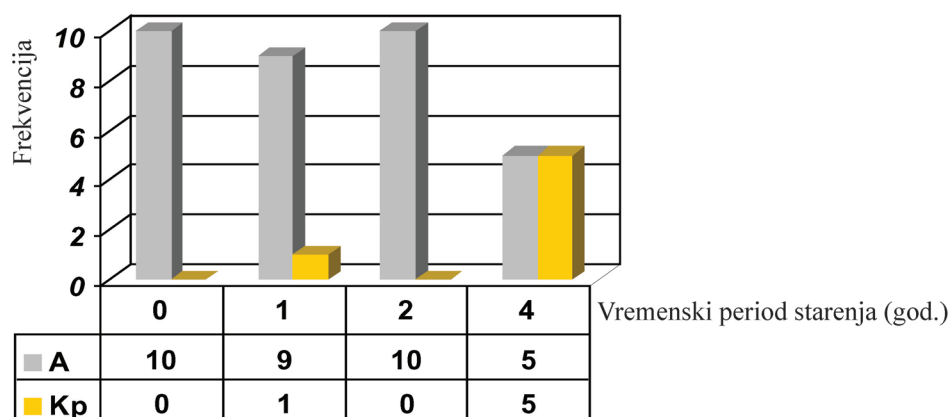




Grafikon 1. Zavisnost čvrstoće o starenju za N\_80kb

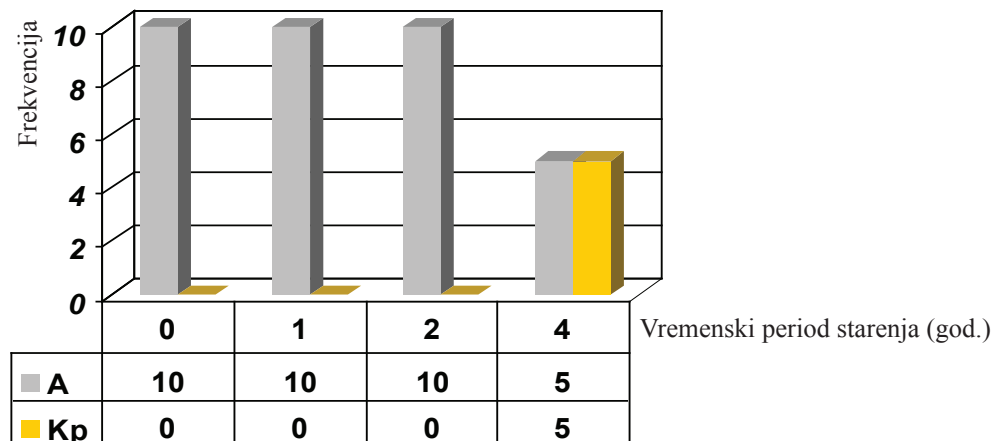
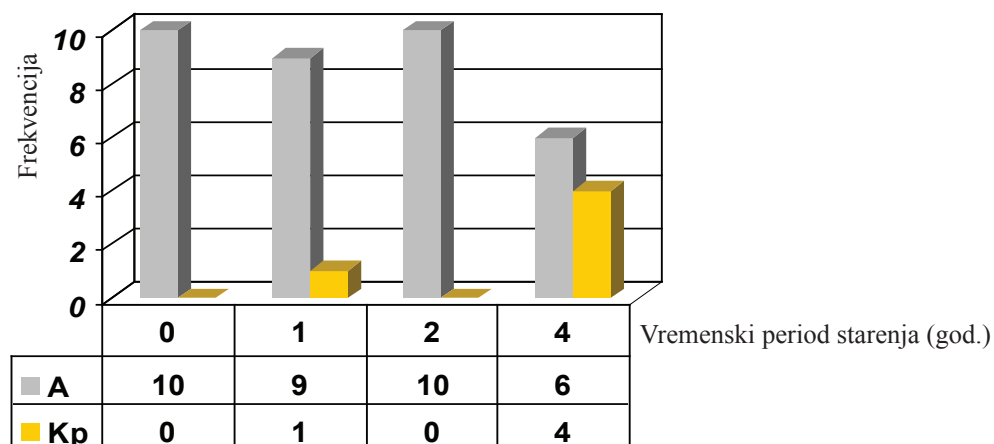
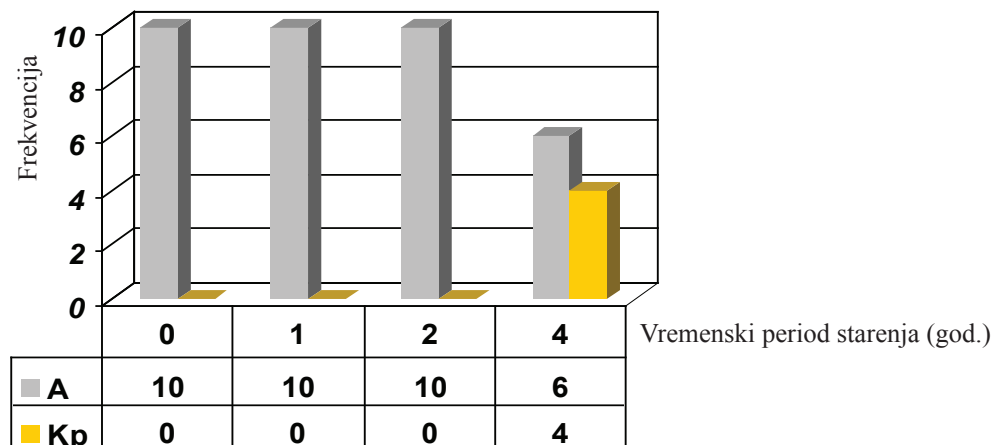


## Rezultati vizualne procjene ovisno o starenju

Histogram 1. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_80kb<sub>A</sub>

Histogram 2. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_80kb<sub>B</sub>


Kp (popuštanje kohezijskog spoja u papiru)

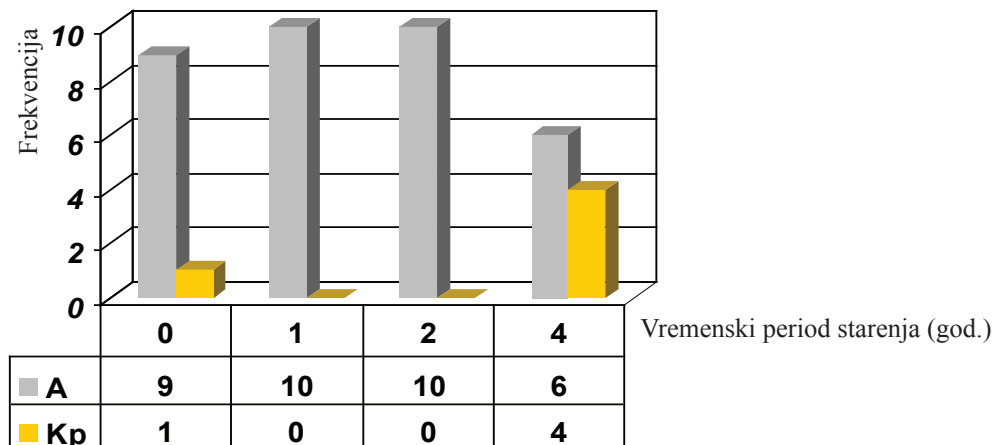
A (popuštanje adhezijskog spoja na međupovršini)

Histogram 3. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N<sub>80kb<sub>C</sub></sub>Histogram 4. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N<sub>80kb<sub>D</sub></sub>Histogram 5. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N<sub>80kb<sub>E</sub></sub>

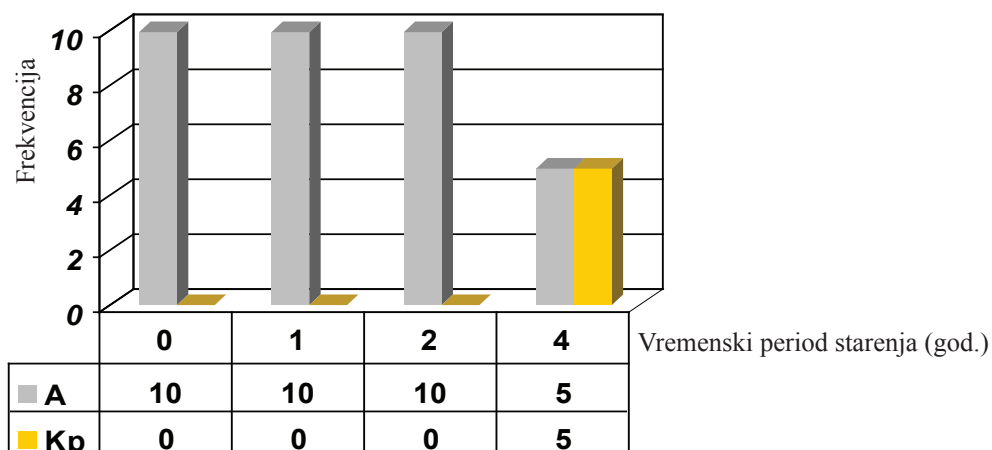
Kp (popuštanje kohezijskog spoja u papiru)

A (popuštanje adhezijskog spoja na međupovršini)

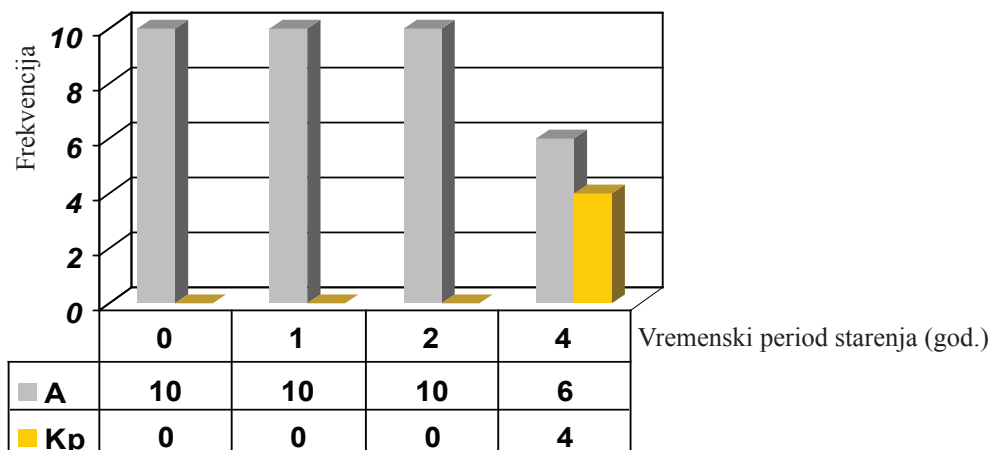
Histogram 6. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N<sub>80kb<sub>F</sub></sub>



Histogram 7. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N<sub>80kb<sub>G</sub></sub>



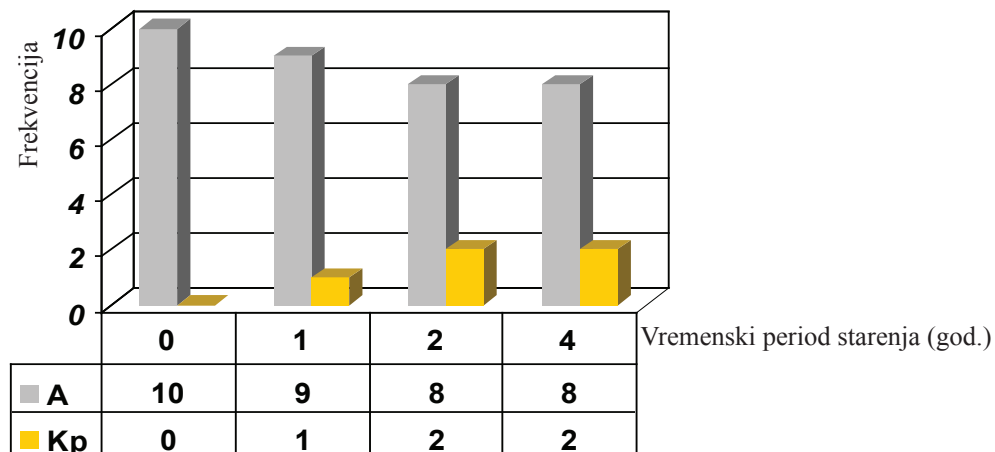
Histogram 8. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N<sub>80kb<sub>H</sub></sub>



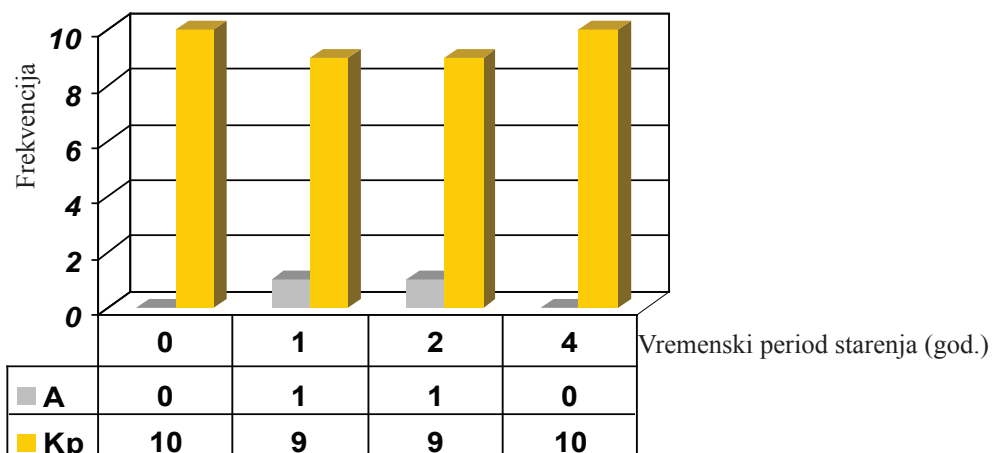
Kp (popuštanje kohezijskog spoja u papiru)

A (popuštanje adhezijskog spoja na međupovršini)

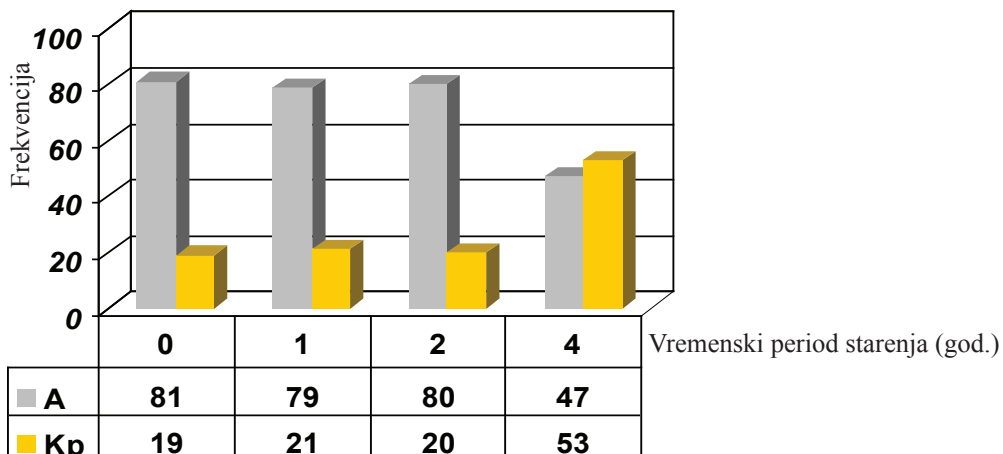
Histogram 9. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_80kb<sub>1</sub>



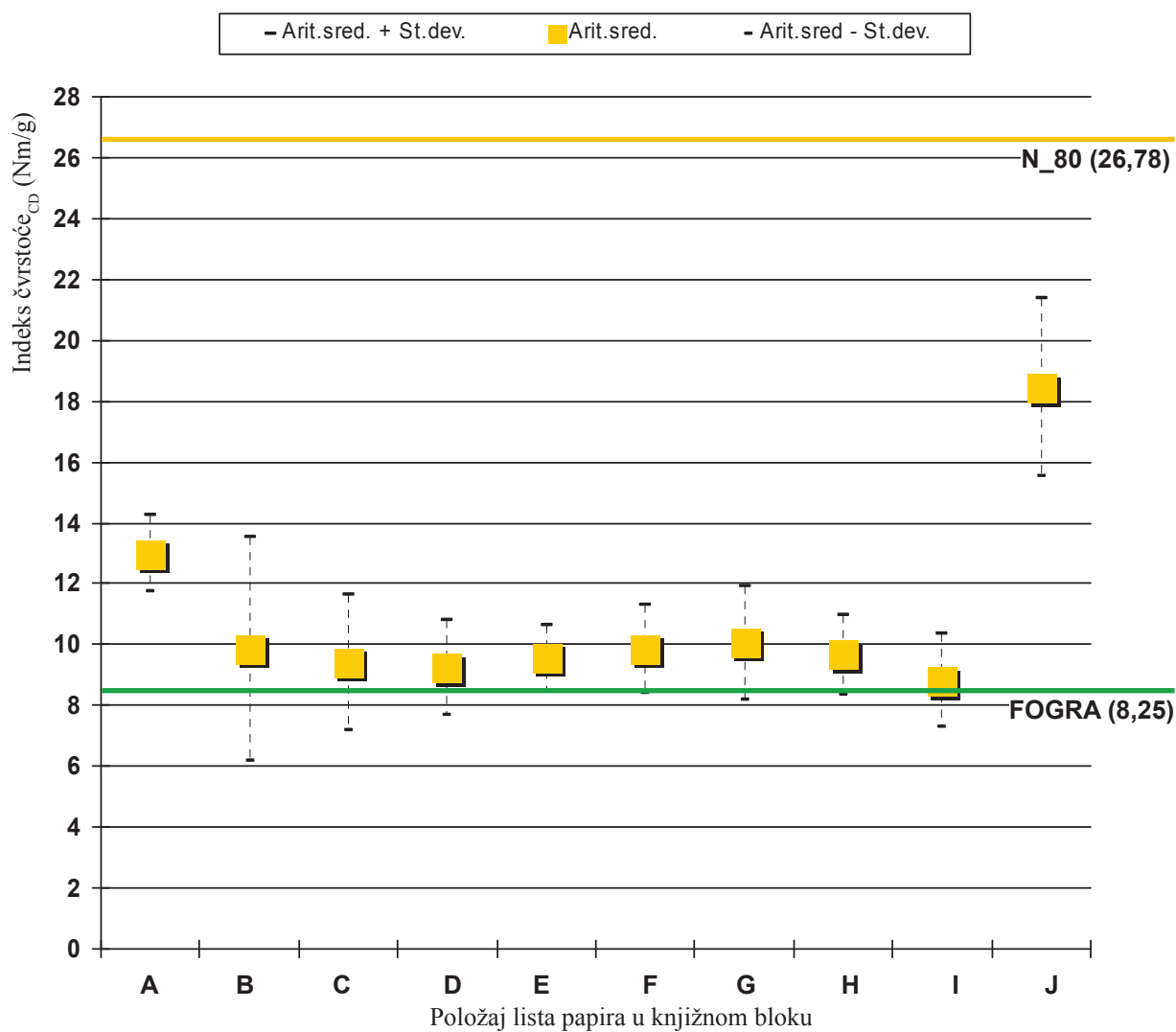
Histogram 10. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_80kb<sub>2</sub>



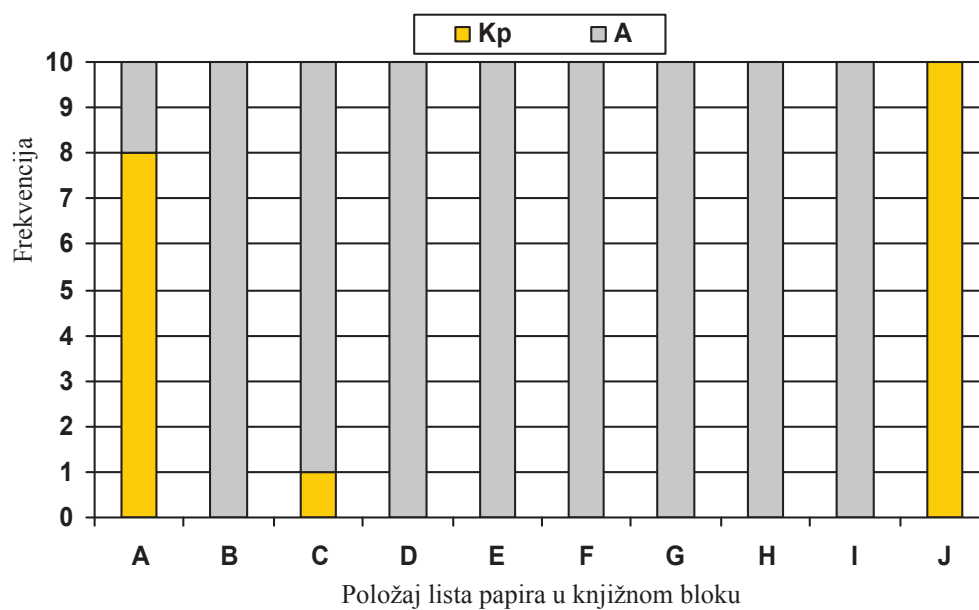
Histogram 11. Kumulativ učestalosti popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_80kb

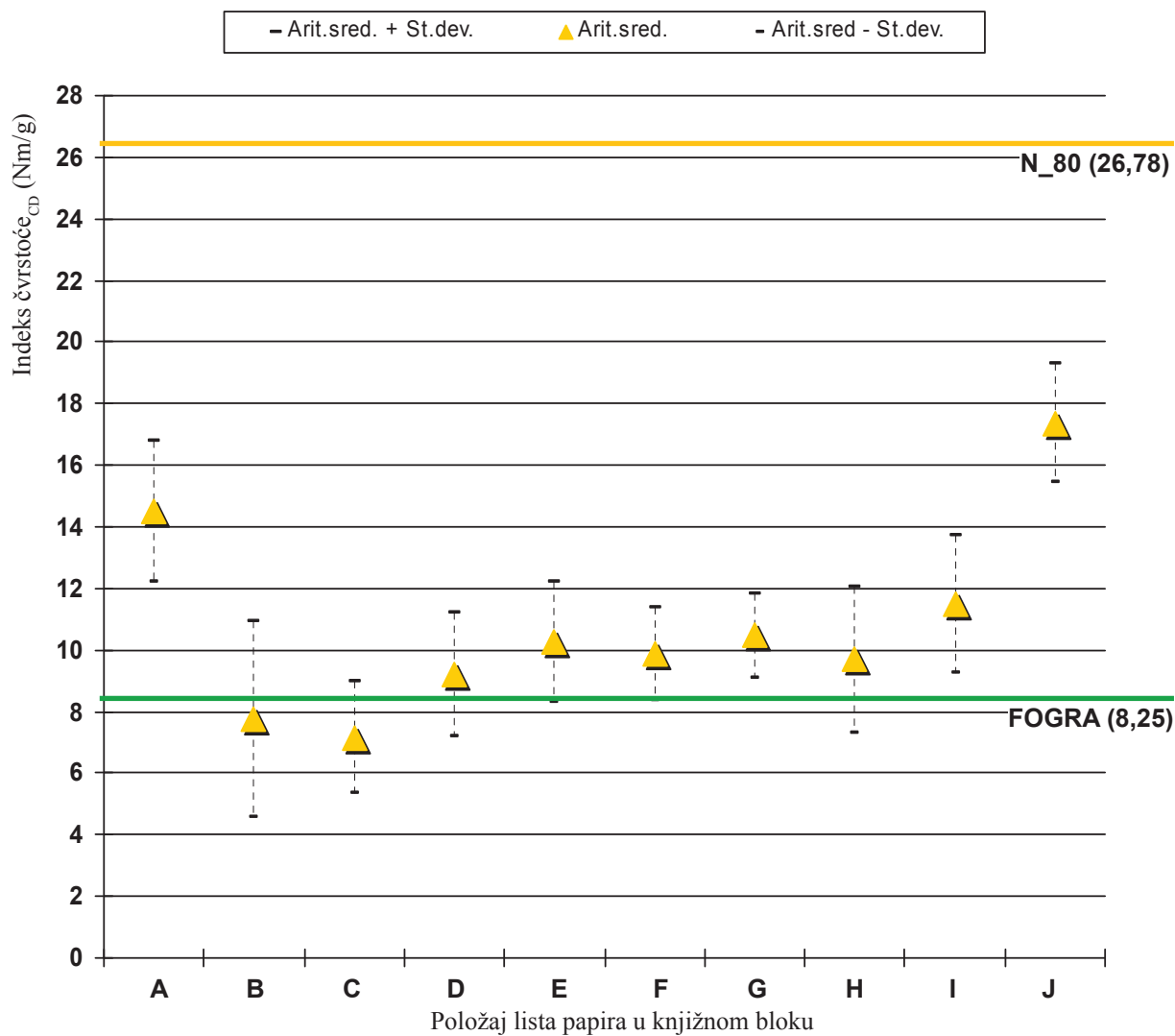
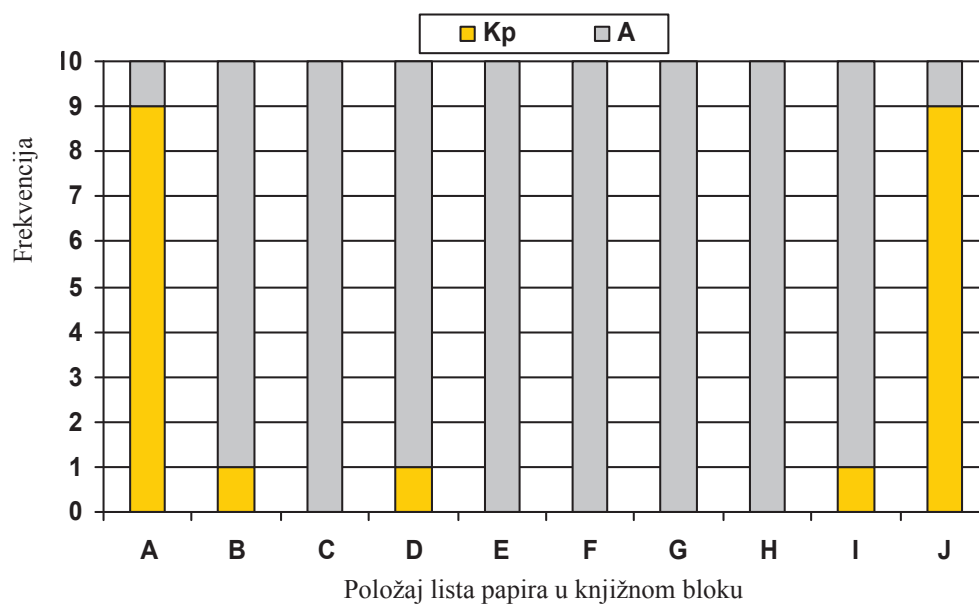


Grafikon 2. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za N\_80kb<sub>0</sub>

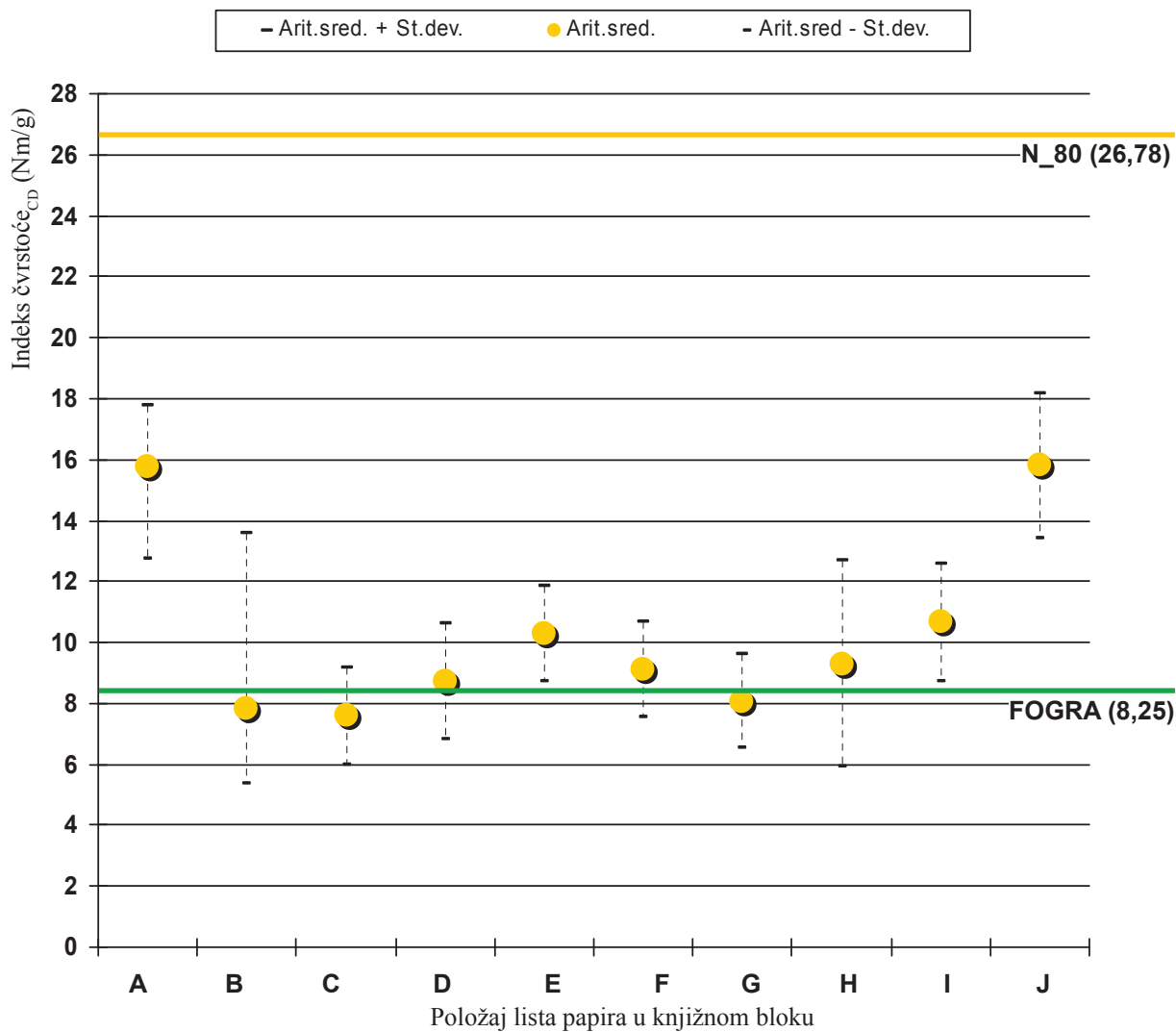


Histogram 12. Učestalost popuštanja spoja za N\_80kb<sub>0</sub>

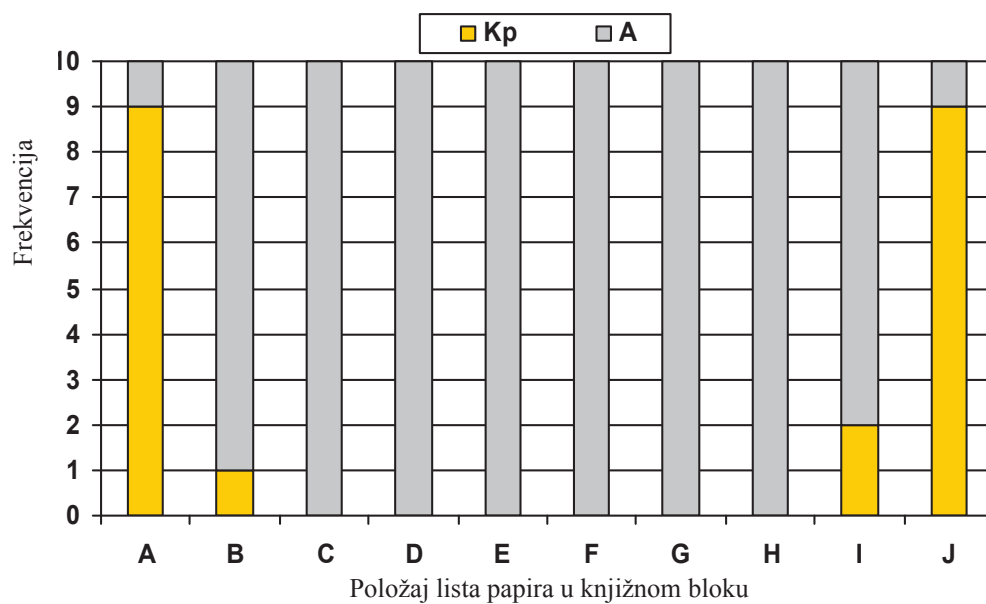


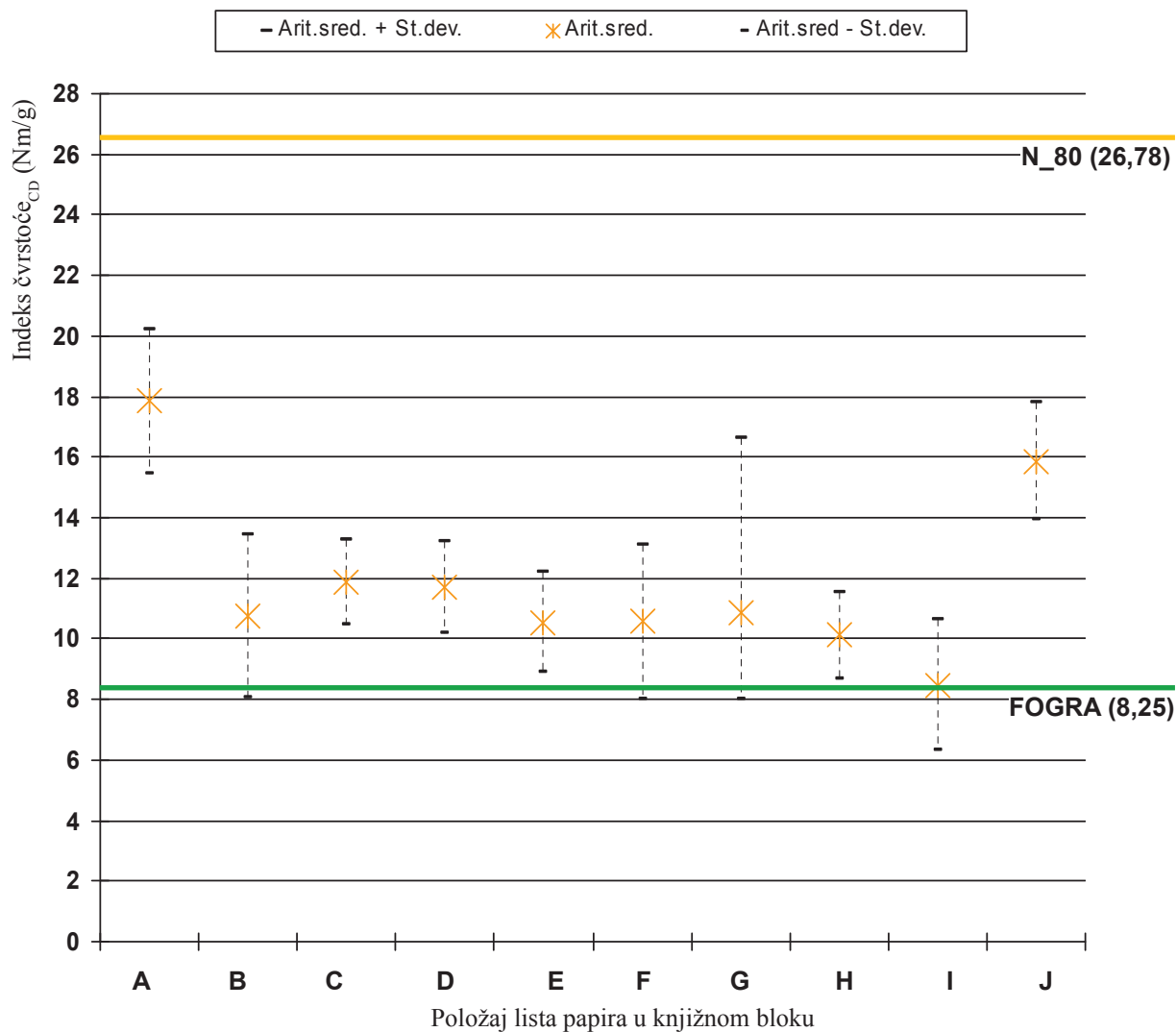
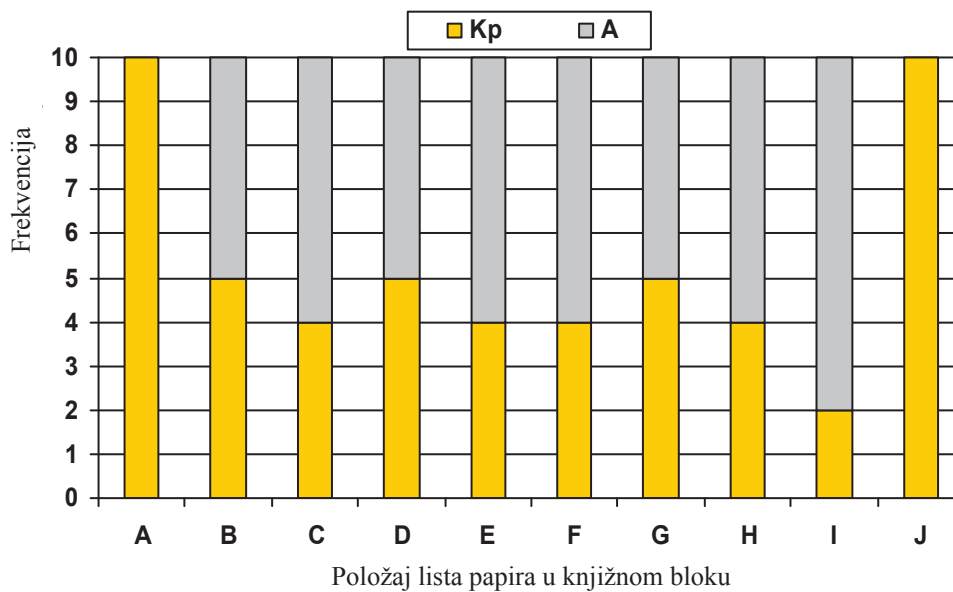
Grafikon 3. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za N\_80kb<sub>1</sub>Histogram 13. Učestalost popuštanja spoja za N\_80kb<sub>1</sub>

Grafikon 4. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za N\_80kb<sub>2</sub>



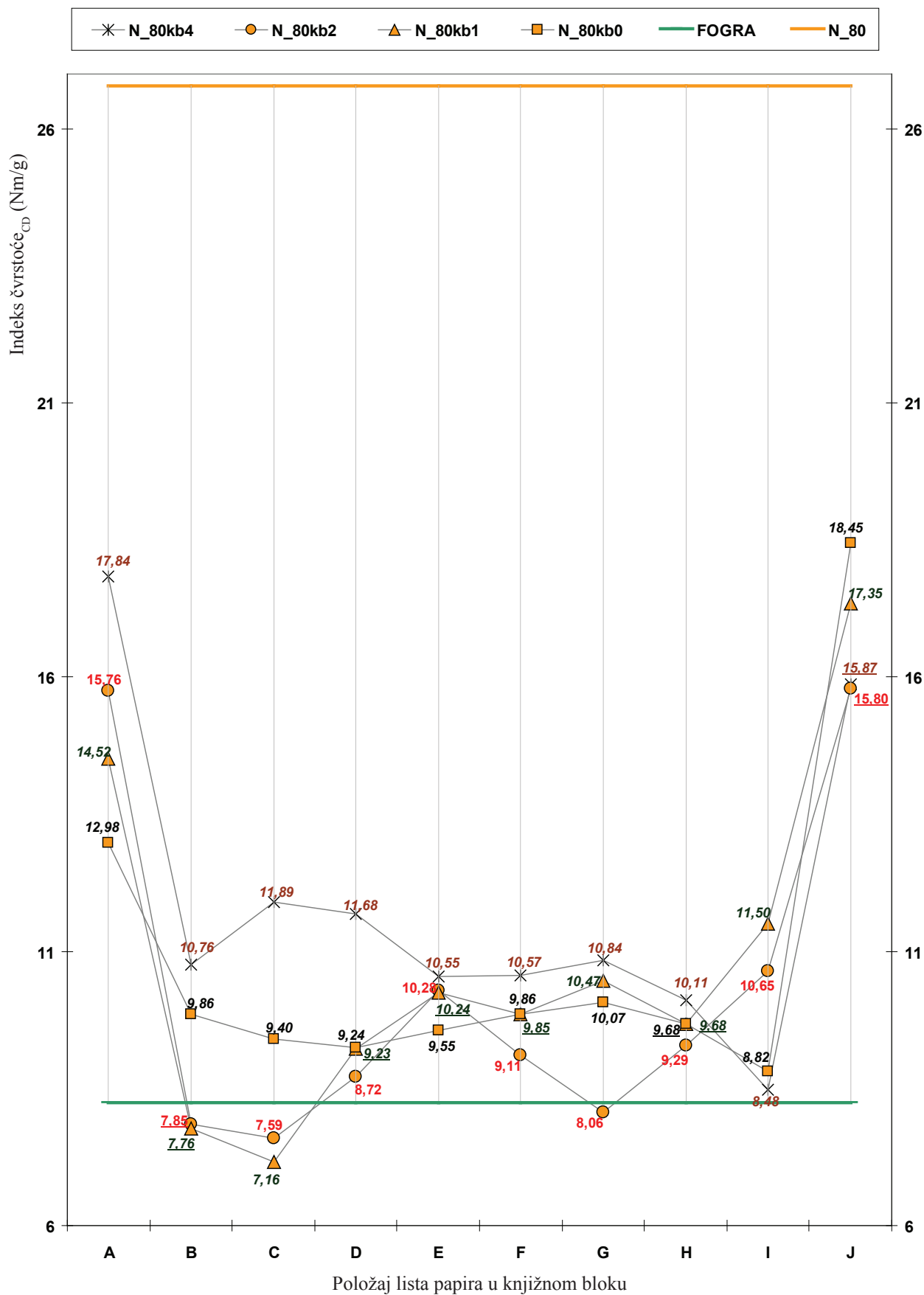
Histogram 14. Učestalost popuštanja spoja za N\_80kb<sub>2</sub>

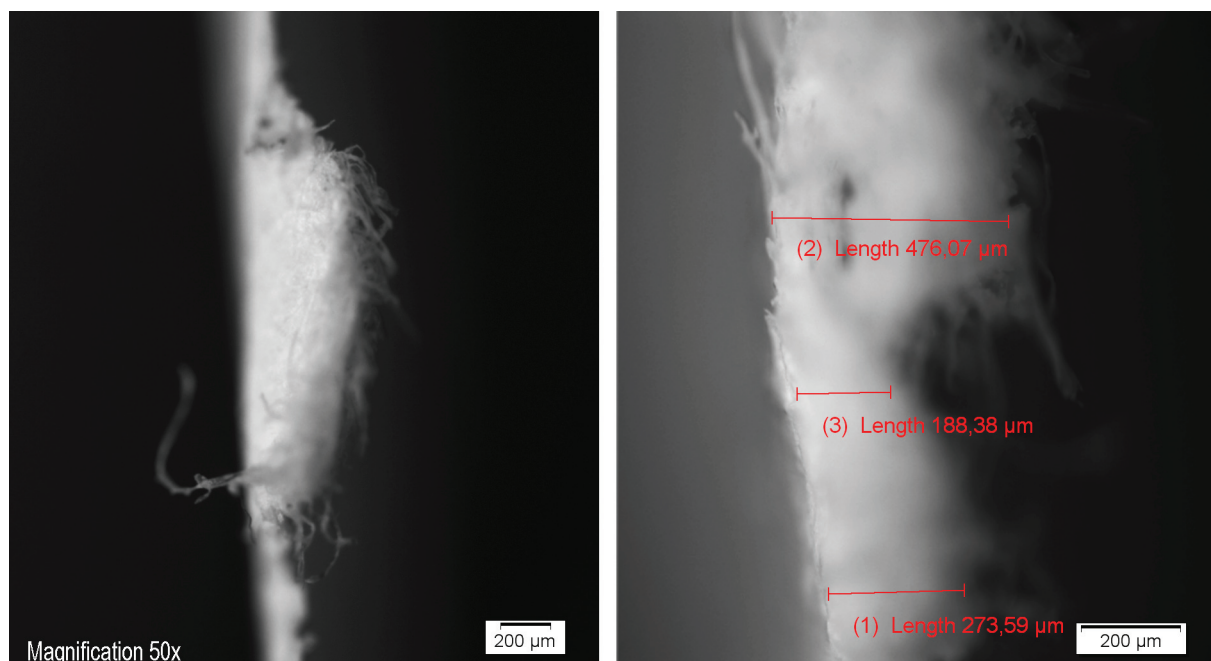


Grafikon 5. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za N\_80kb<sub>4</sub>Histogram 15. Učestalost popuštanja spoja za N\_80kb<sub>4</sub>



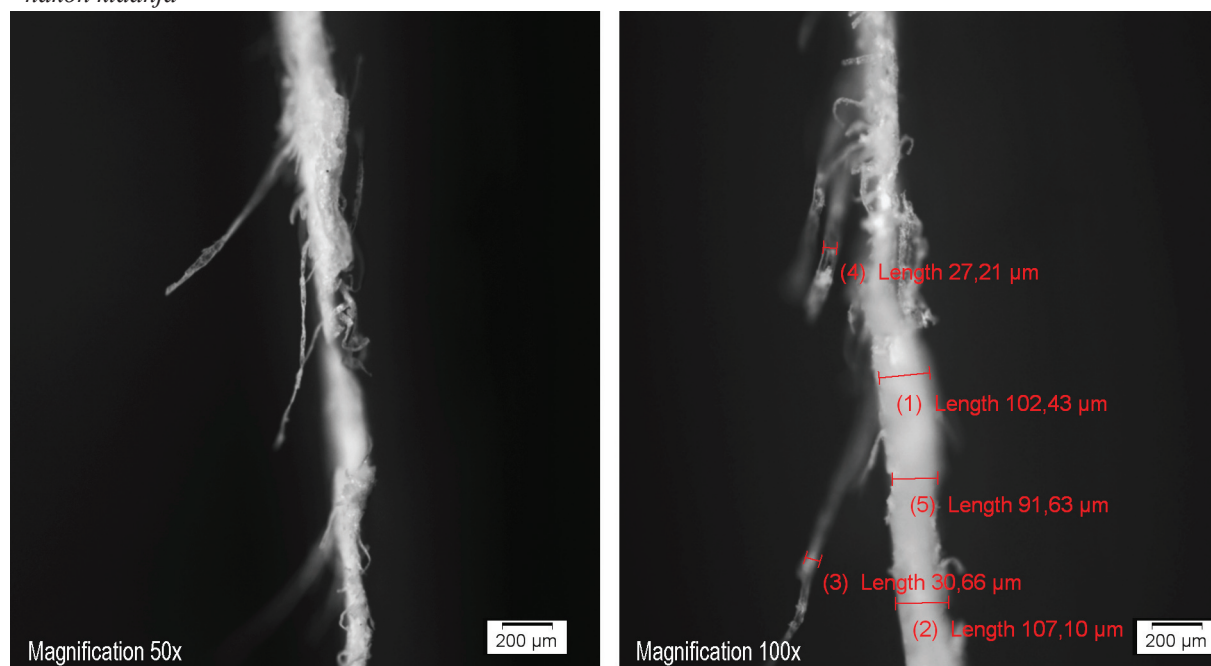
Grafikon 6. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za N\_80kb





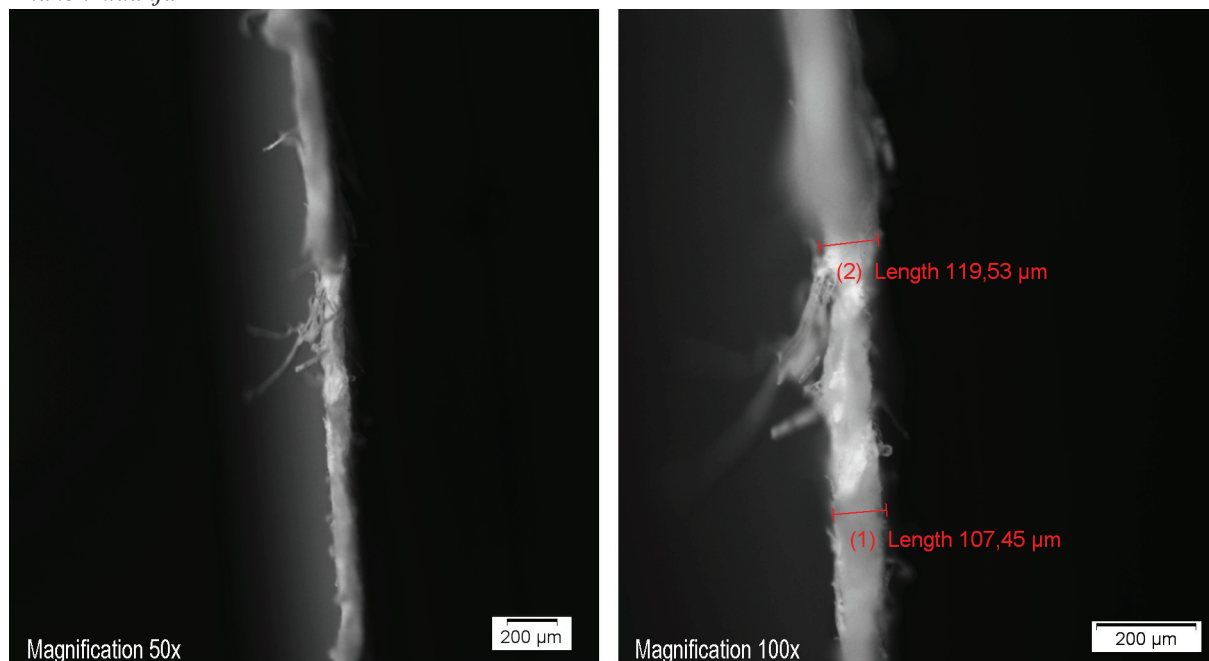
Slika 41. Optičke snimke uzorka N\_80kb<sub>x</sub>, (povećanje 50x, 100x)

- nakon kidanja



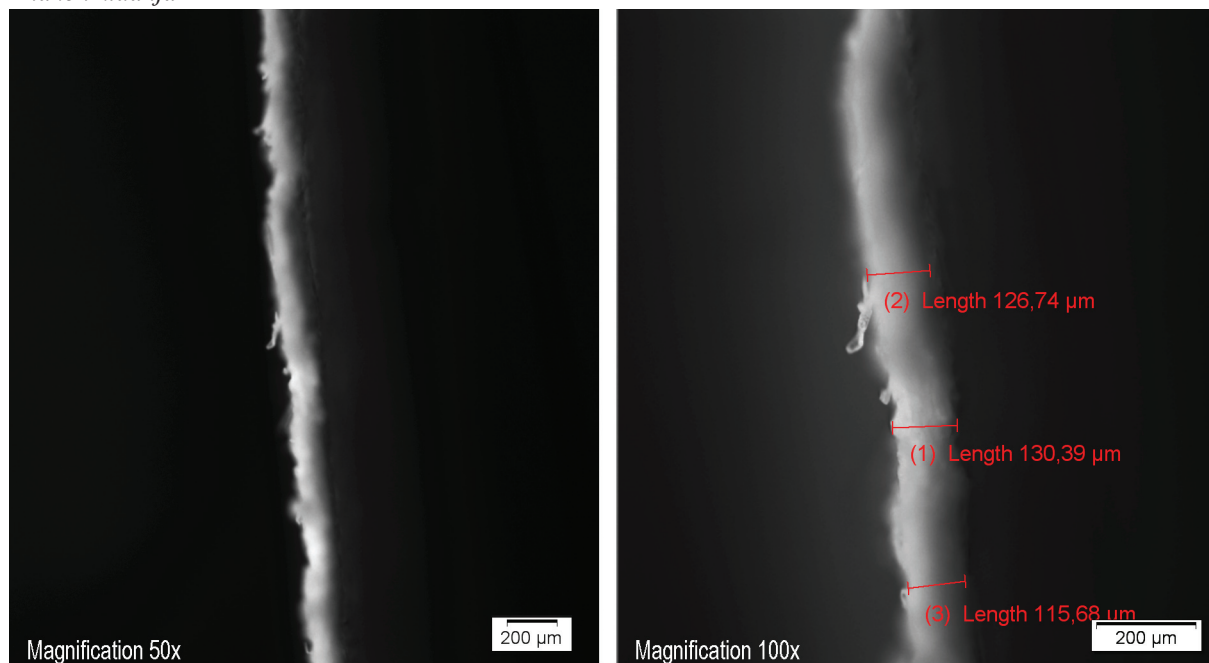
Slika 42. Optičke snimke uzorka N\_80kb<sub>10</sub> (povećanje 50x, 100x)

- nakon kidanja



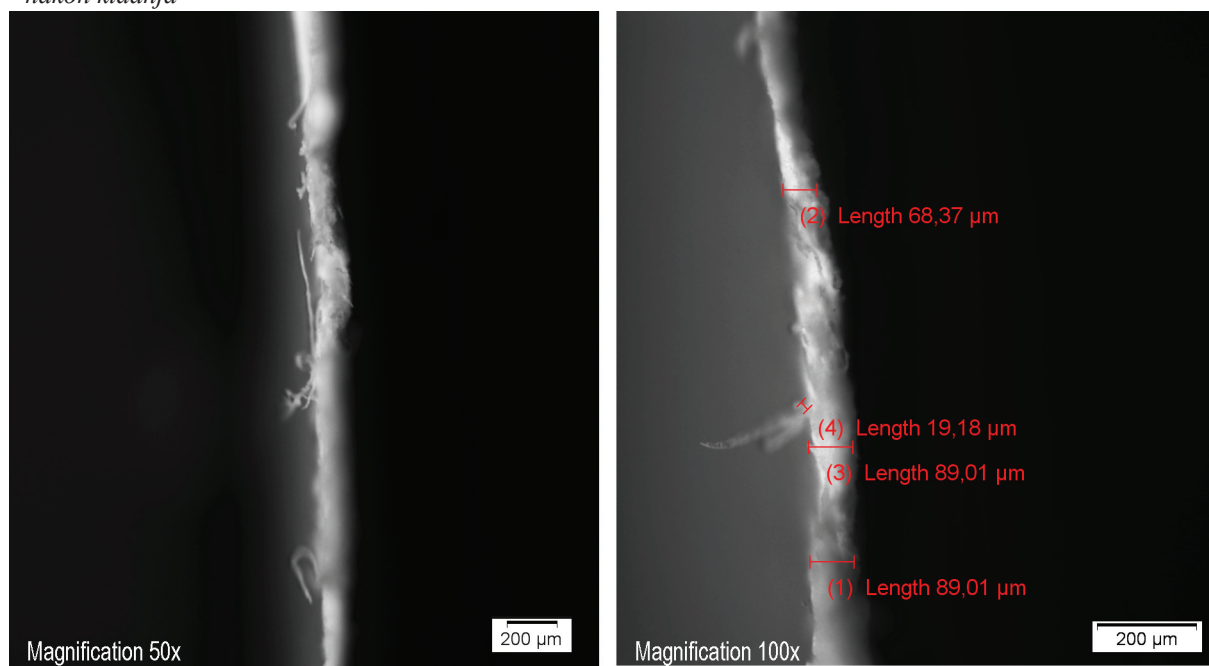
Slika 43. Optičke snimke uzorka N\_80kb<sub>I1</sub> (povećanje 50x, 100x)

- nakon kidanja



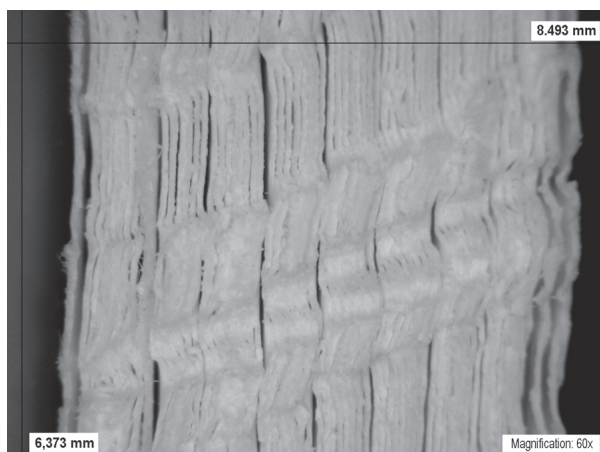
Slika 44. Optičke snimke uzorka N\_80kb<sub>B2</sub> (povećanje 50x, 100x)

- nakon kidanja

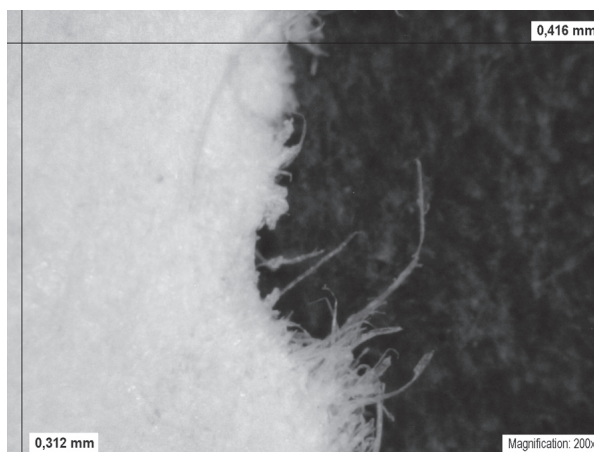


Slika 45. Optičke snimke uzorka N\_80kb<sub>B4</sub> (povećanje 50x, 100x)



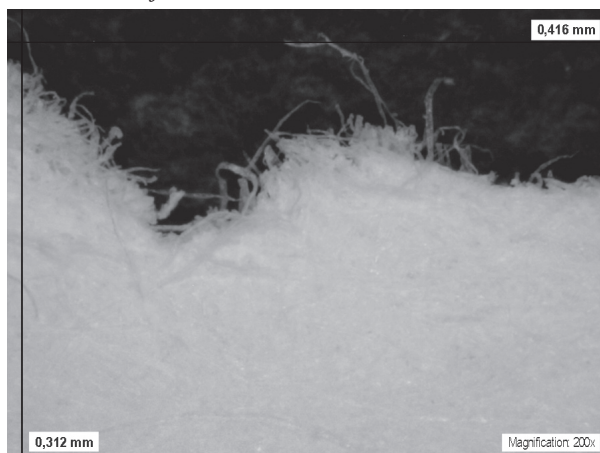


Slika 46. Digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>x</sub> - poprečni presjek (povećanje 60x)

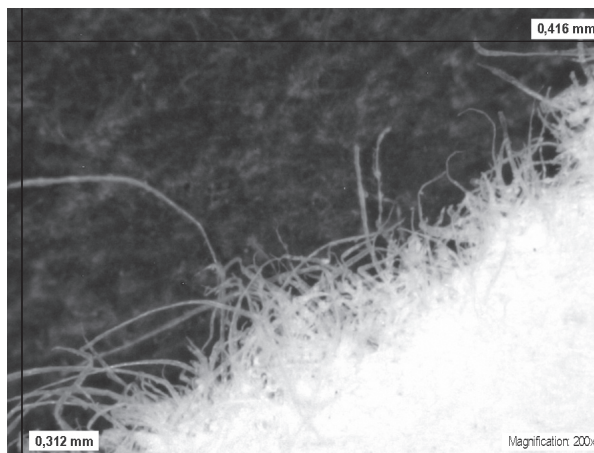


Slika 47. Digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>x</sub> (povećanje 200x)

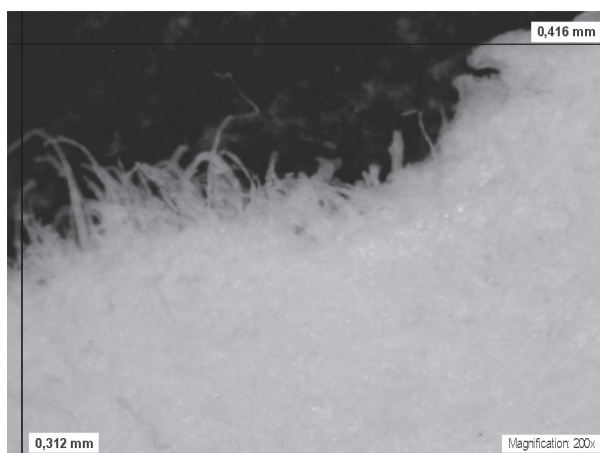
- nakon kidanja



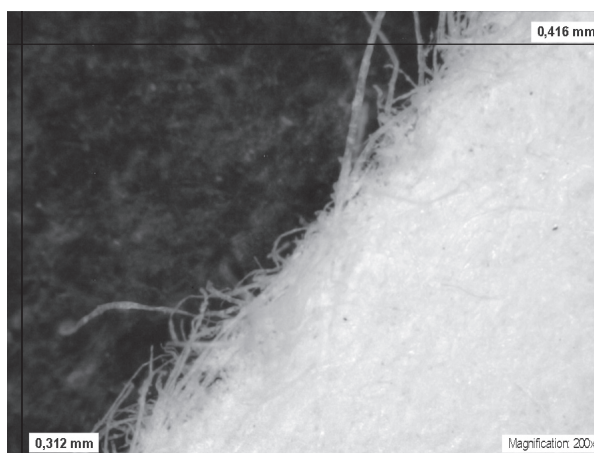
Slika 48. Digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>10</sub> (povećanje 200x)



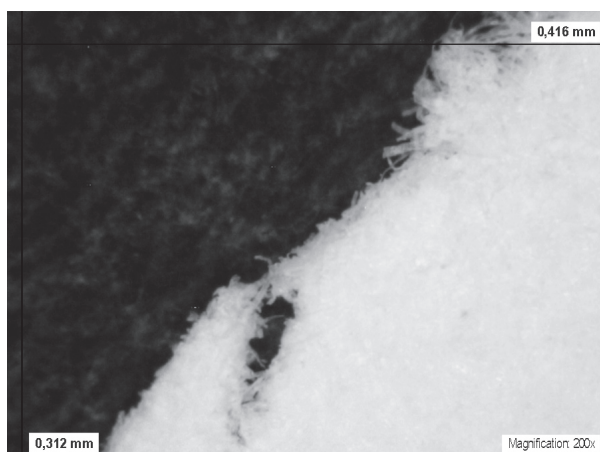
Slika 49. Digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>10</sub> (povećanje 200x)



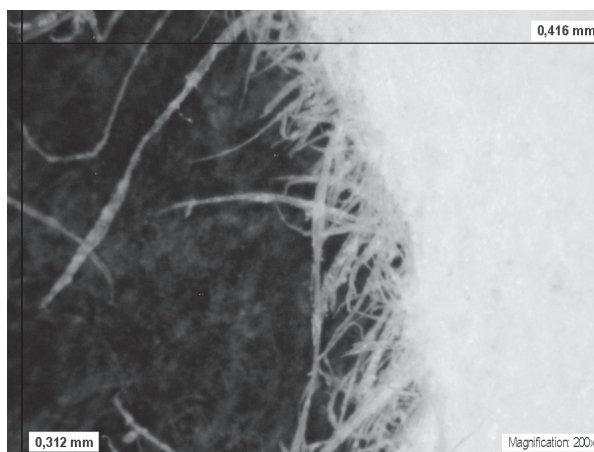
Slika 50. Digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>H1</sub> (povećanje 200x)



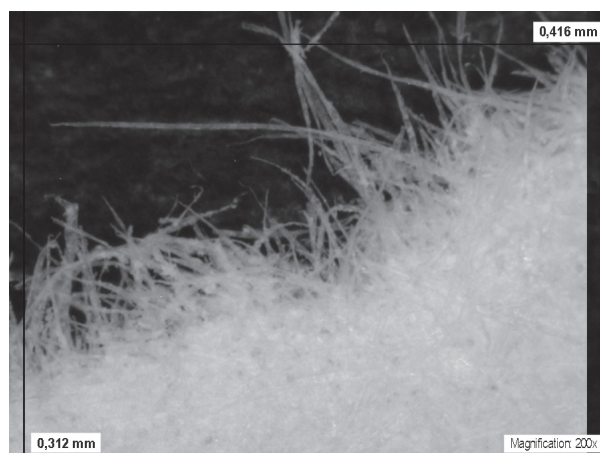
Slika 51. Digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>A1</sub> (povećanje 200x)



Slika 52. Digitalna snimka uzorka  
N\_80kb<sub>c2</sub> (povećanje 200x)



Slika 53. Digitalna snimka uzorka  
N\_80kb<sub>j2</sub> (povećanje 200x)

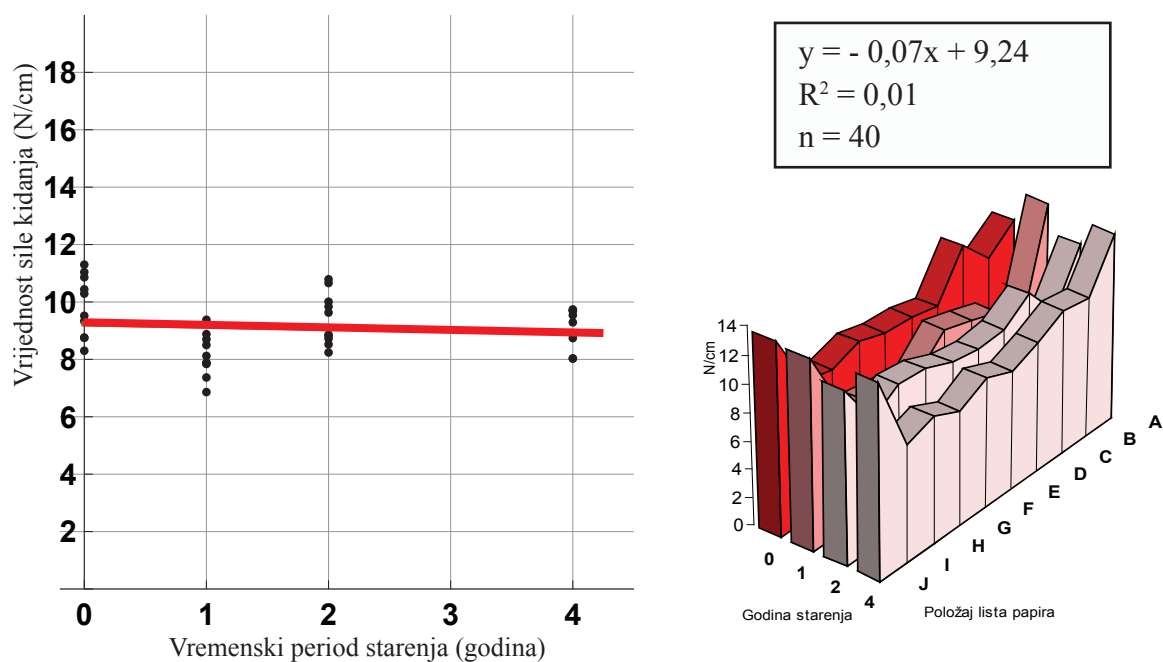


Slika 54. Digitalna snimka uzorka  
N\_80kb<sub>A4</sub> (povećanje 200x)

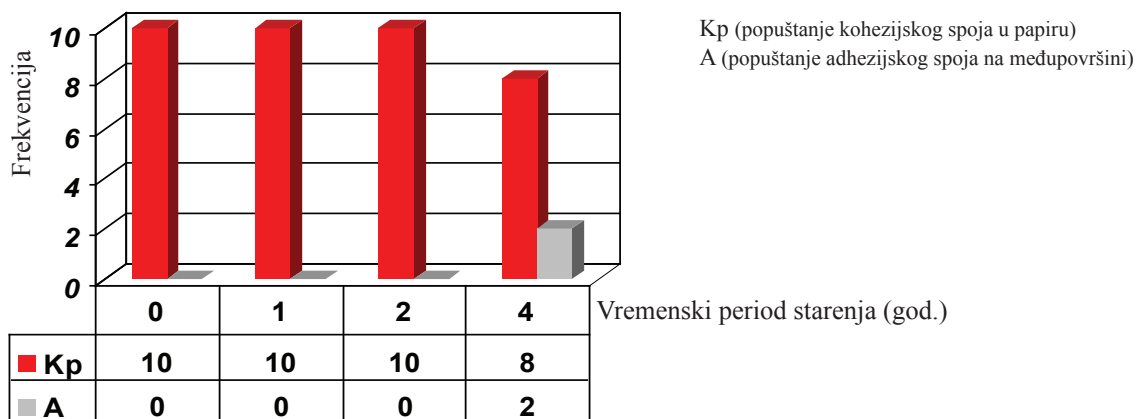
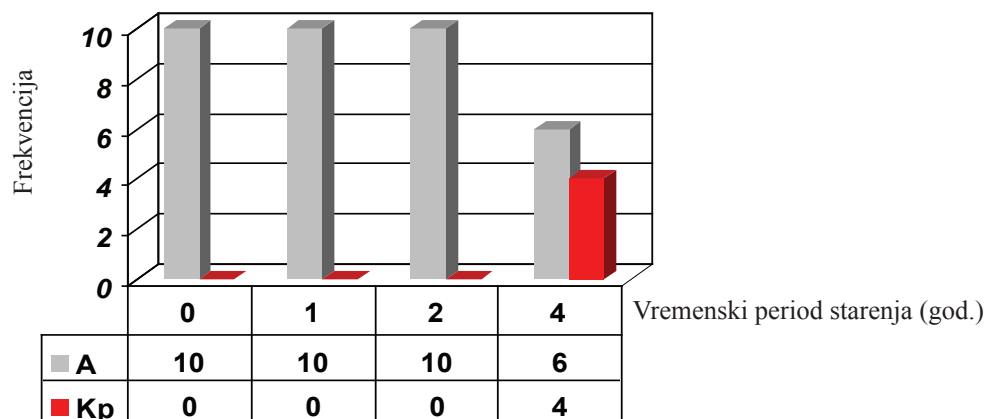
**4.2. MJERENJA I MIKROSKOPSKA ANALIZA PROMJENE ČVRSTOĆE  
SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE ZA PAPIR N\_100**



Grafikon 7. Zavisnost čvrstoće o starenju za N\_100kb



## Rezultati vizualne procjene ovisno o starenju

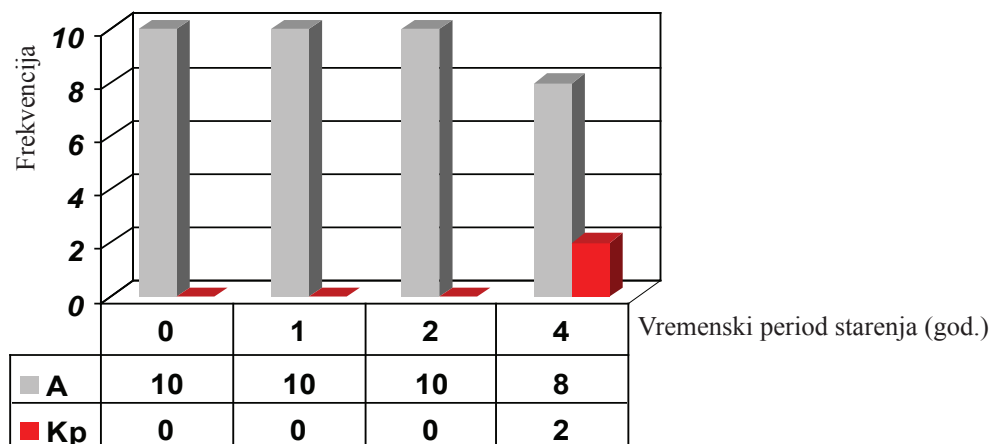
Histogram 16. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb<sub>A</sub>Histogram 17. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb<sub>B</sub>



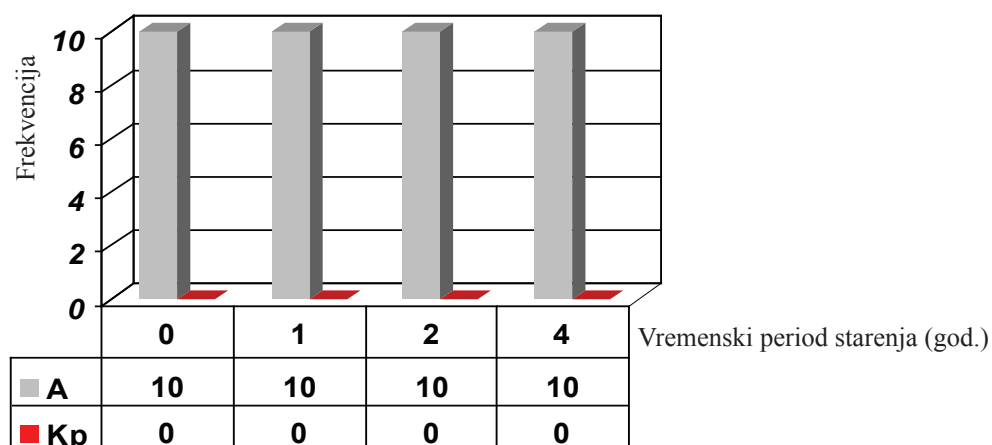
Kp (popuštanje kohezijskog spoja u papiru)

A (popuštanje adhezijskog spoja na međupovršini)

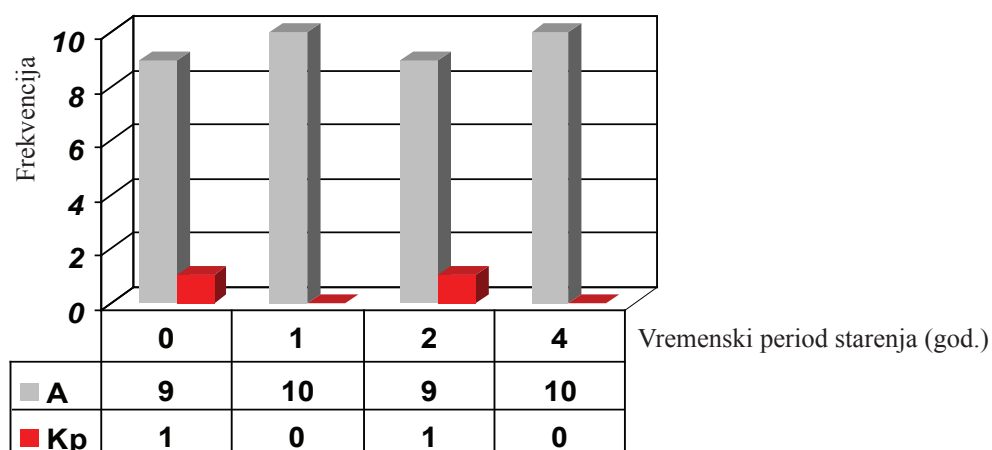
Histogram 18. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb<sub>C</sub>



Histogram 19. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb<sub>D</sub>

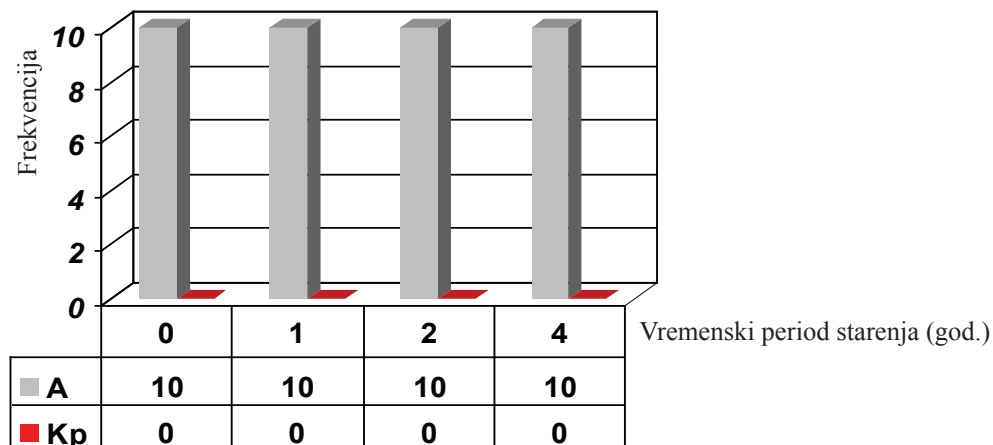
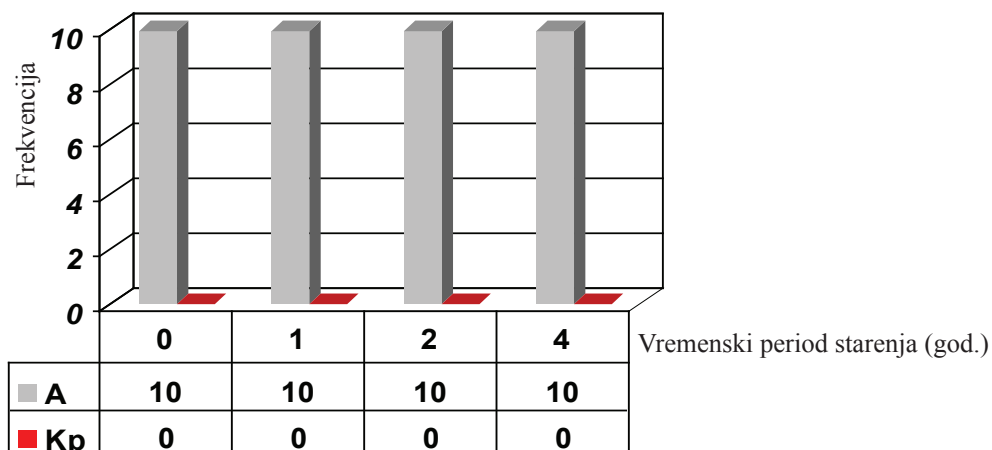
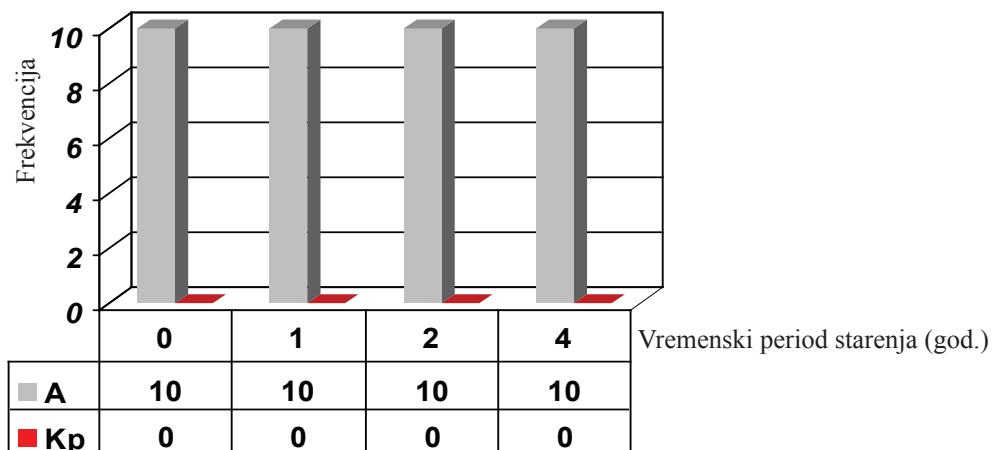


Histogram 20. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb<sub>E</sub>



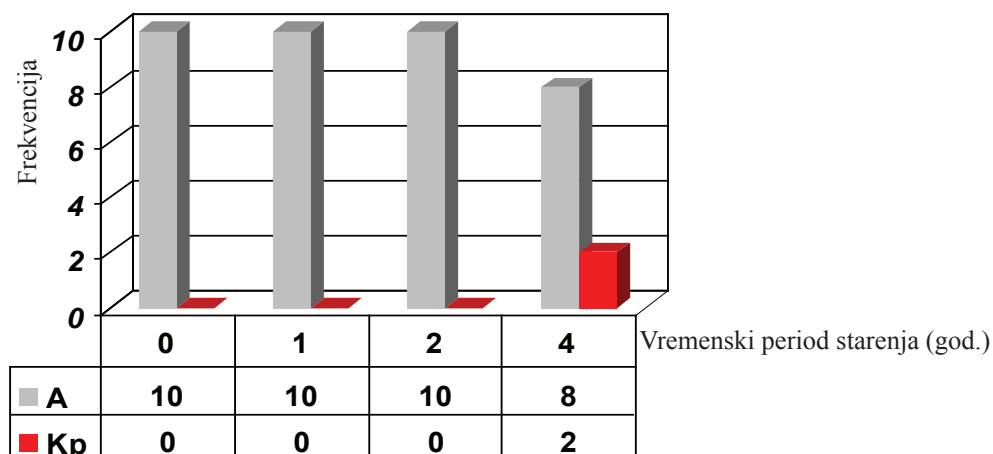
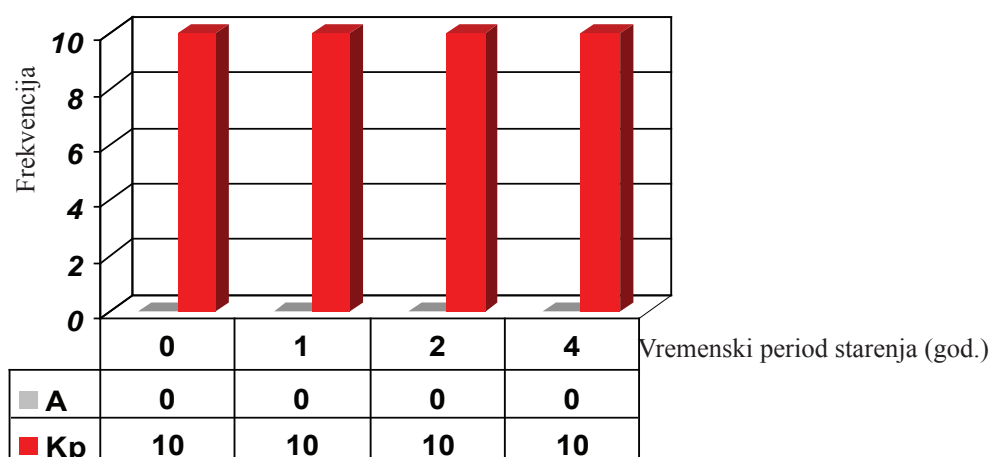
Kp (popuštanje kohezijskog spoja u papiru)

A (popuštanje adhezijskog spoja na međupovršini)

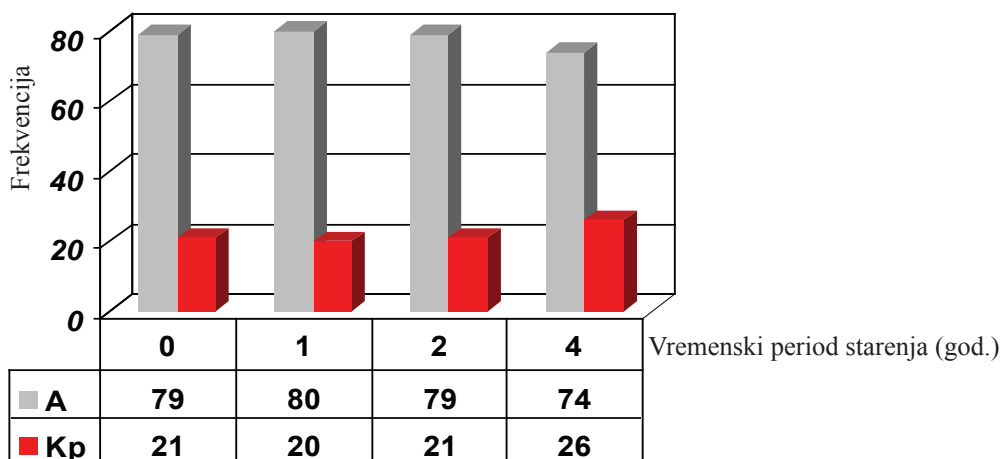
Histogram 21. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb<sub>F</sub>Histogram 22. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb<sub>G</sub>Histogram 23. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb<sub>H</sub>

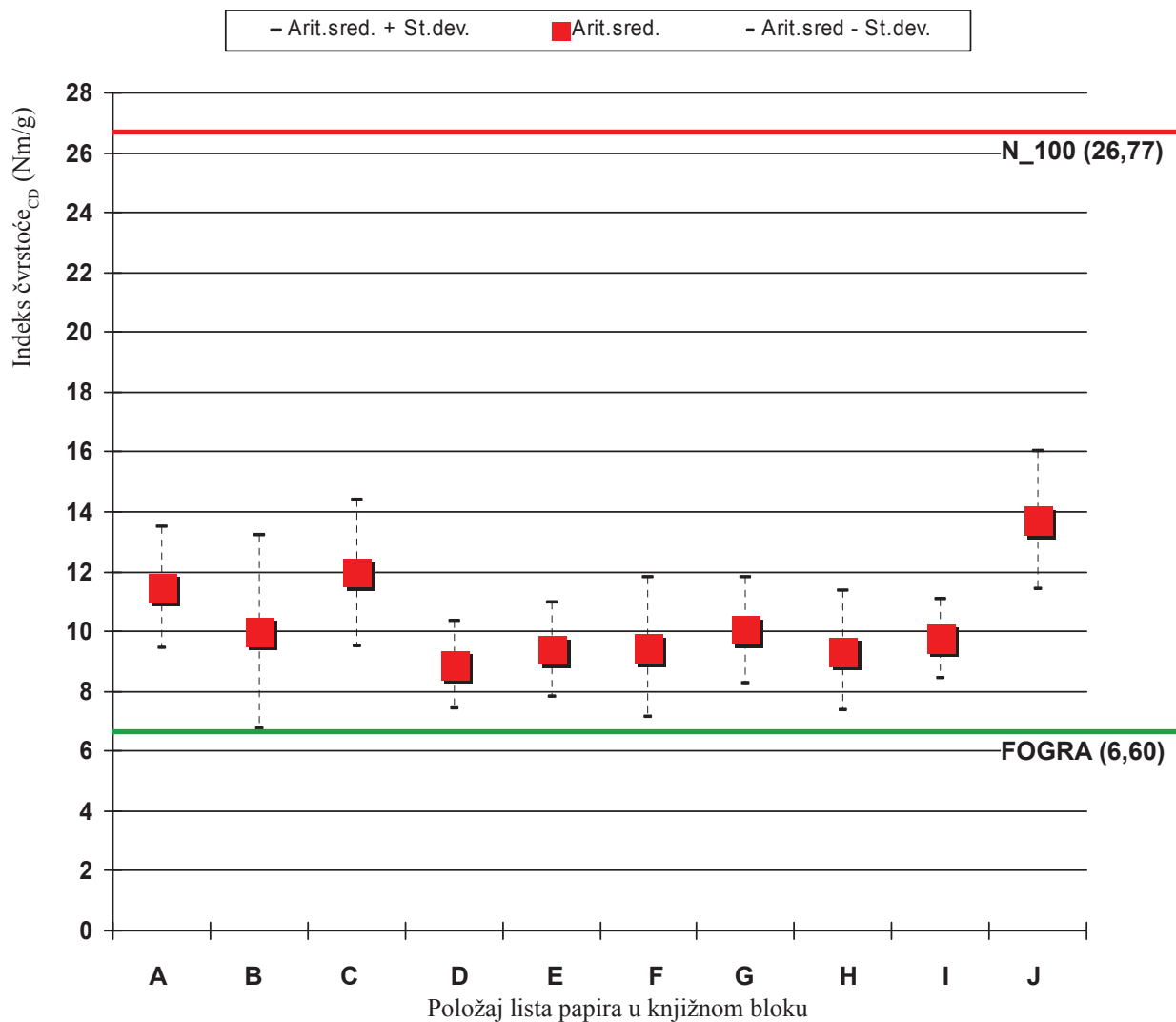
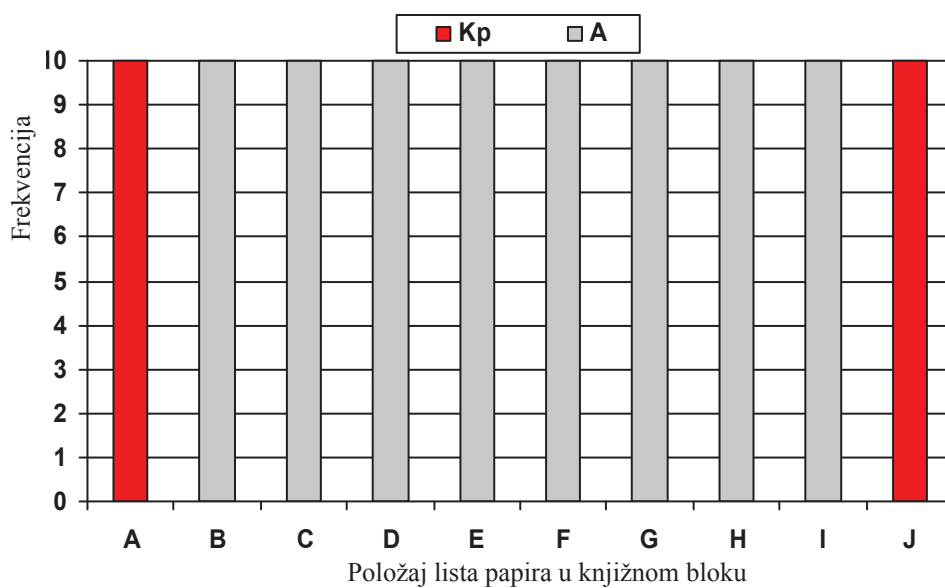
Kp (popuštanje kohezijskog spoja u papiru)

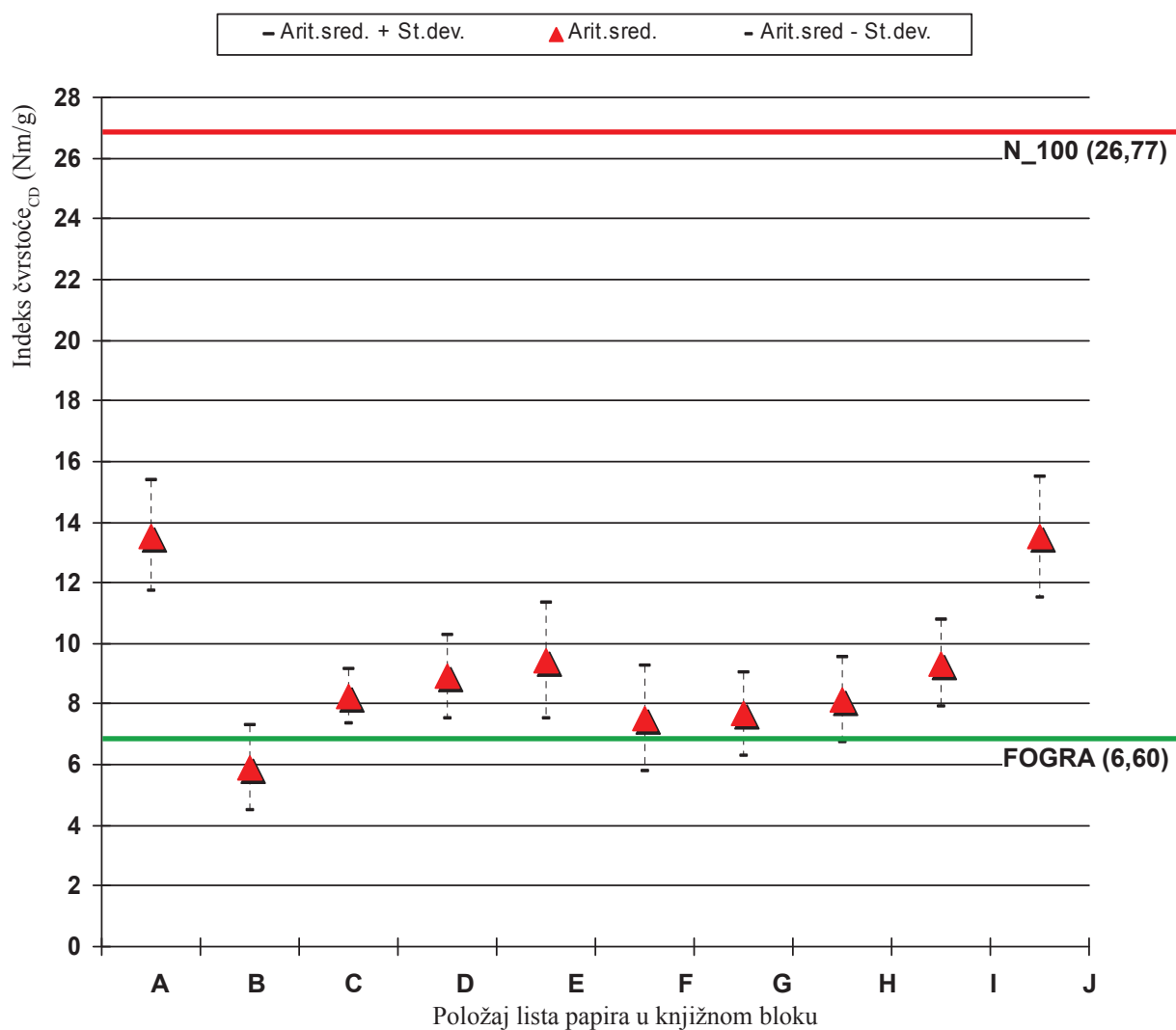
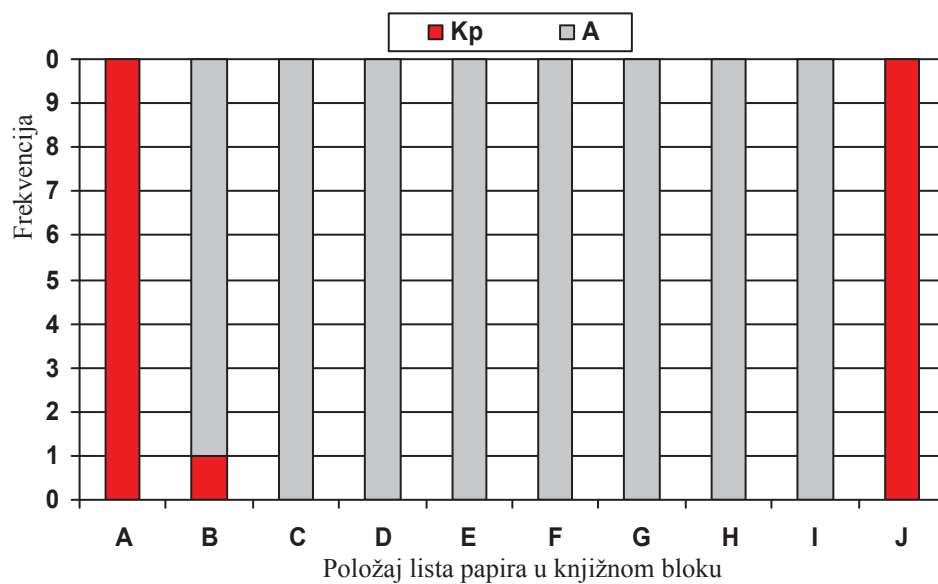
A (popuštanje adhezijskog spoja na međupovršini)

Histogram 24. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb<sub>1</sub>Histogram 25. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb<sub>2</sub>

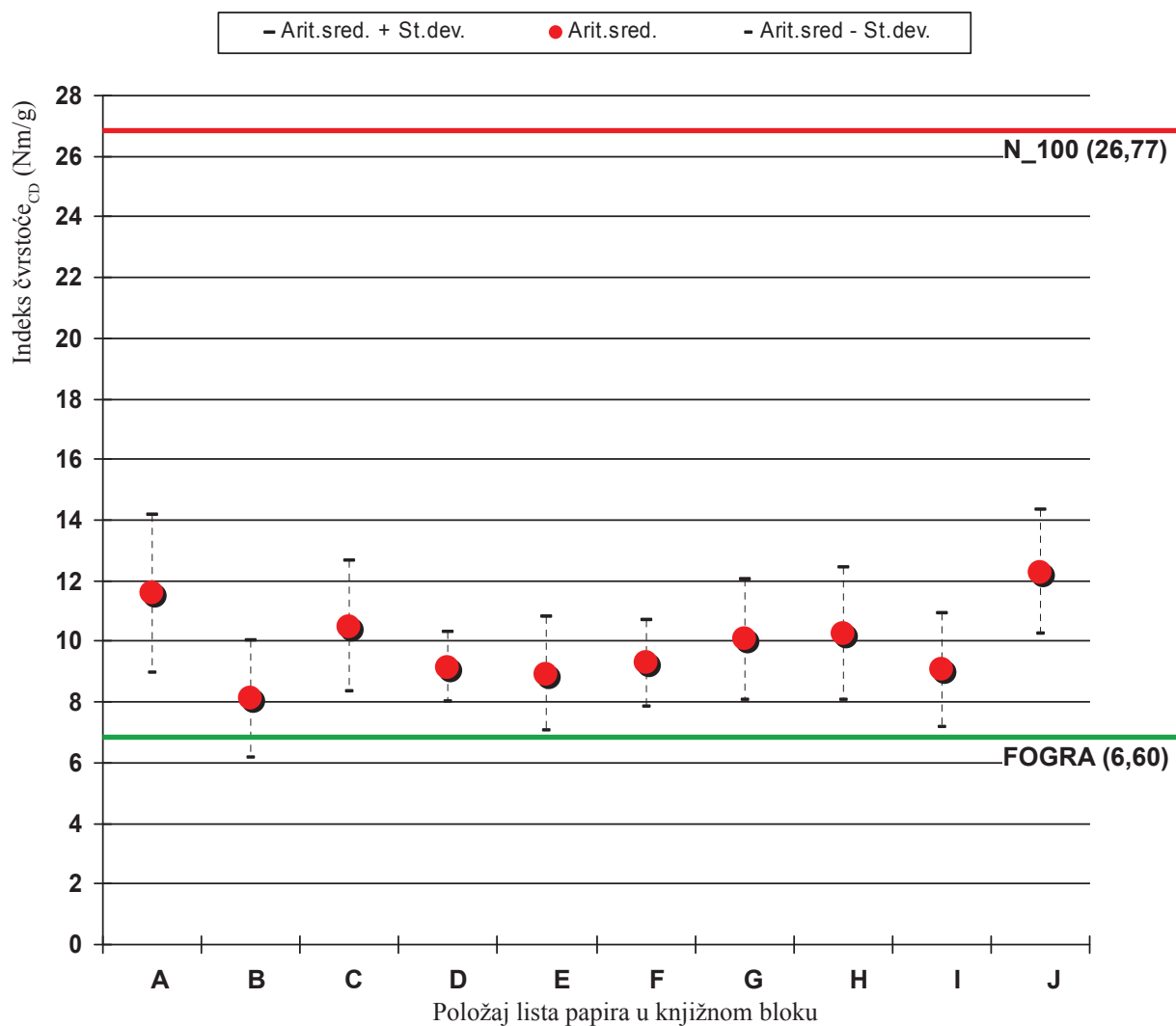
Histogram 26. Kumulativ učestalosti popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb



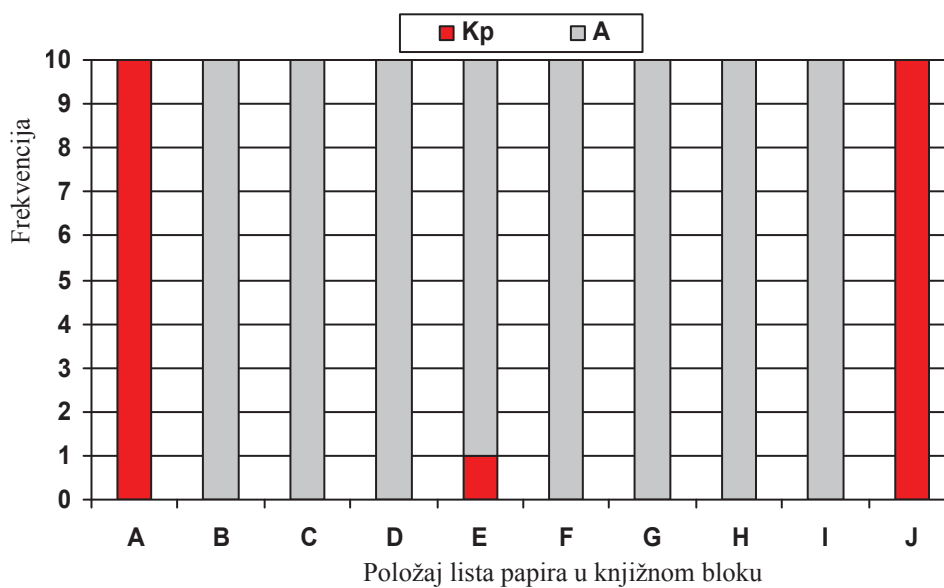
Grafikon 8. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za N\_100kb<sub>0</sub>Histogram 27. Učestalost popuštanja spoja za N\_100kb<sub>0</sub>

Grafikon 9. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za N\_100kb<sub>1</sub>

Histogram 28. Učestalost popuštanja spoja za N\_100kb<sub>1</sub>


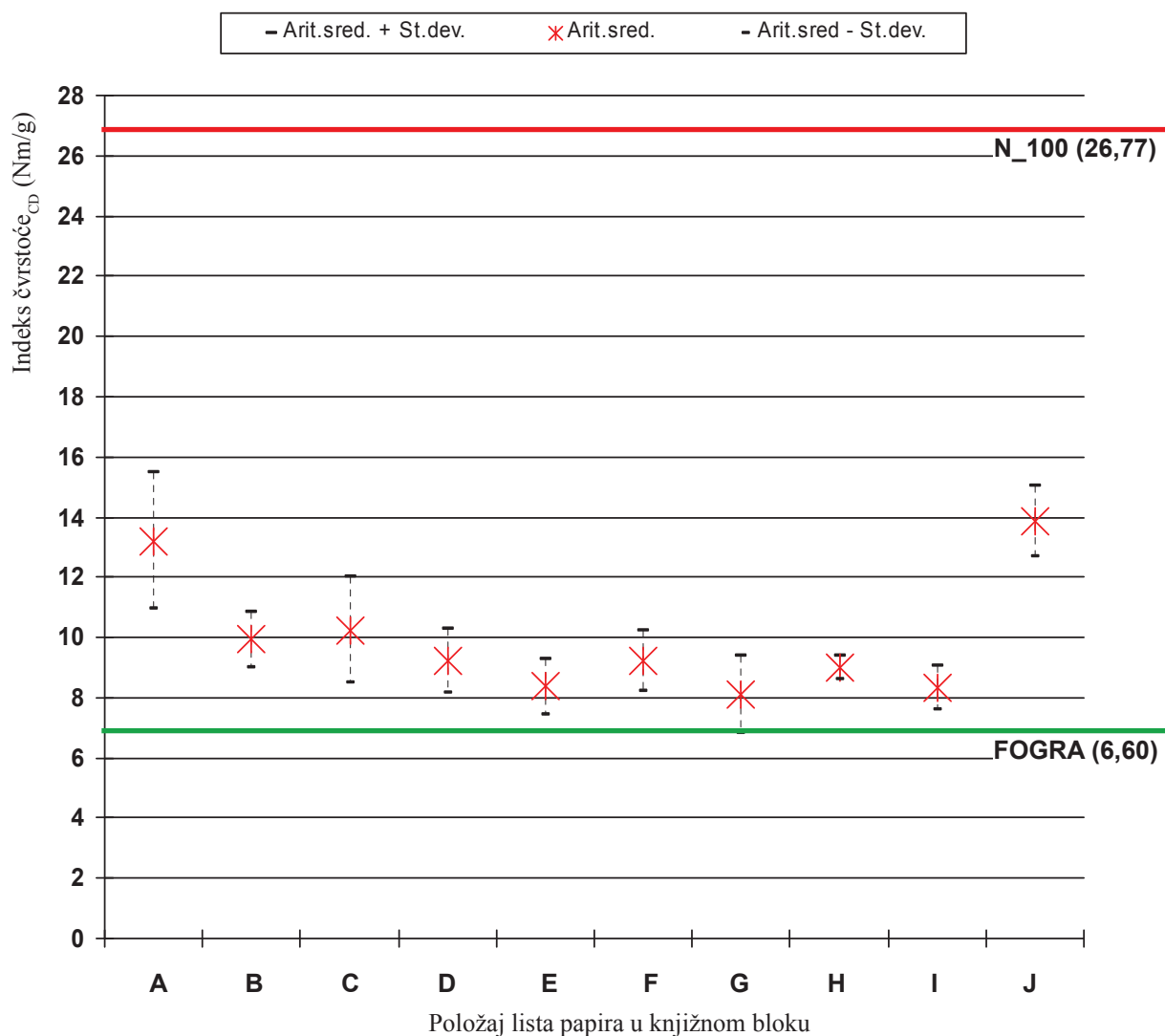
Grafikon 10. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za N\_100kb<sub>2</sub>



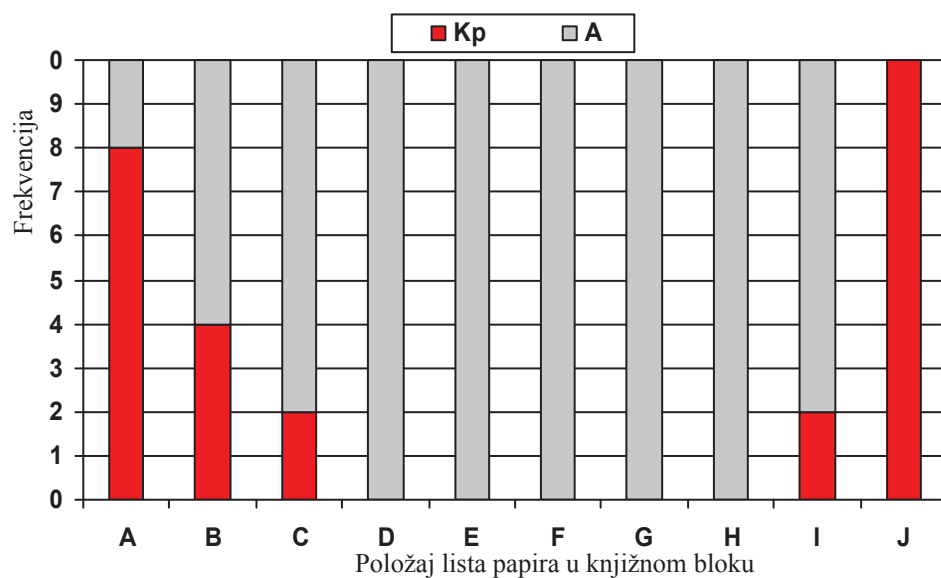
Histogram 29. Učestalost popuštanja spoja za N\_100kb<sub>2</sub>



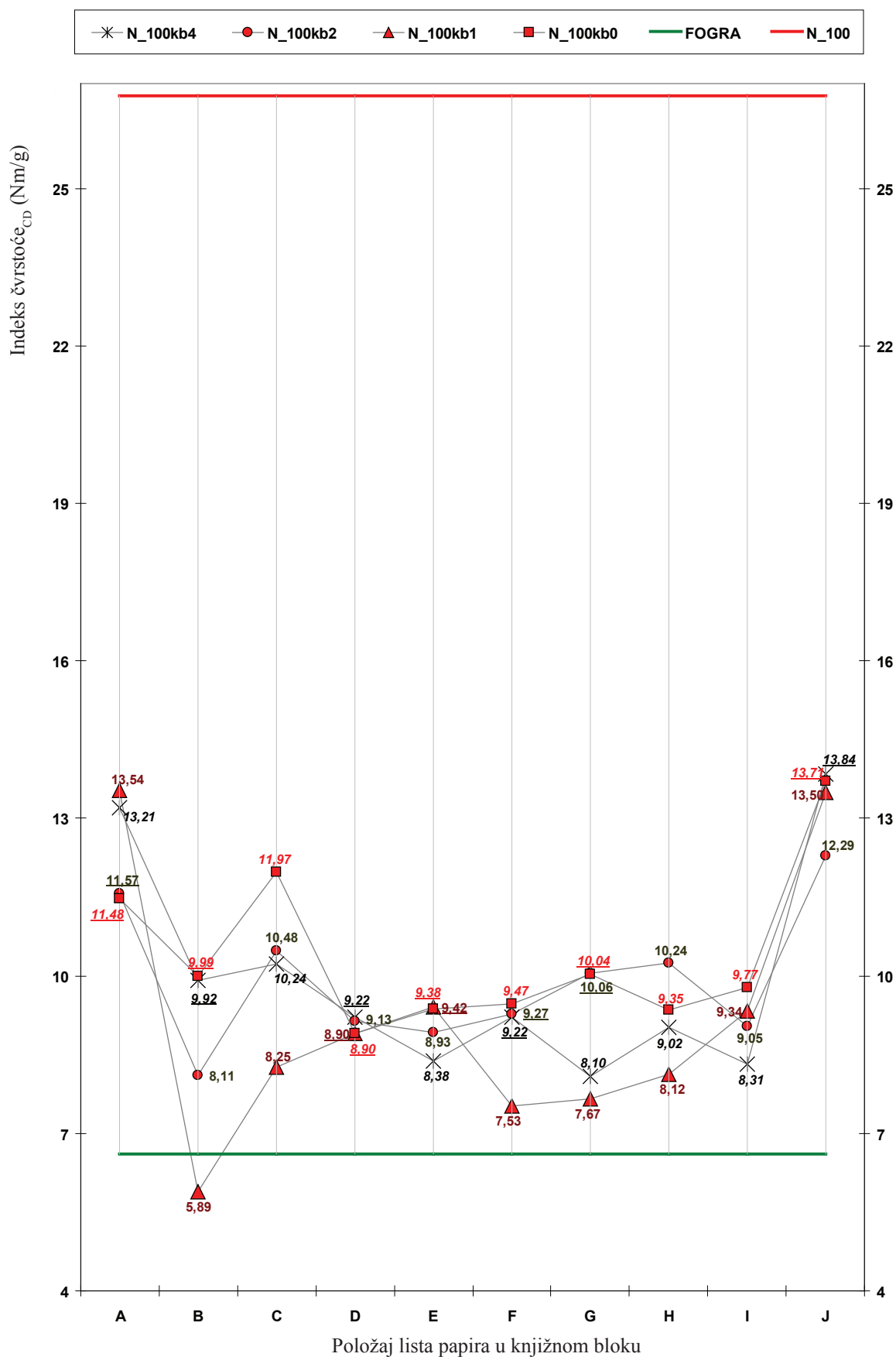
Grafikon 11. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za N\_100kb<sub>4</sub>



Histogram 30. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za N\_100kb<sub>4</sub>

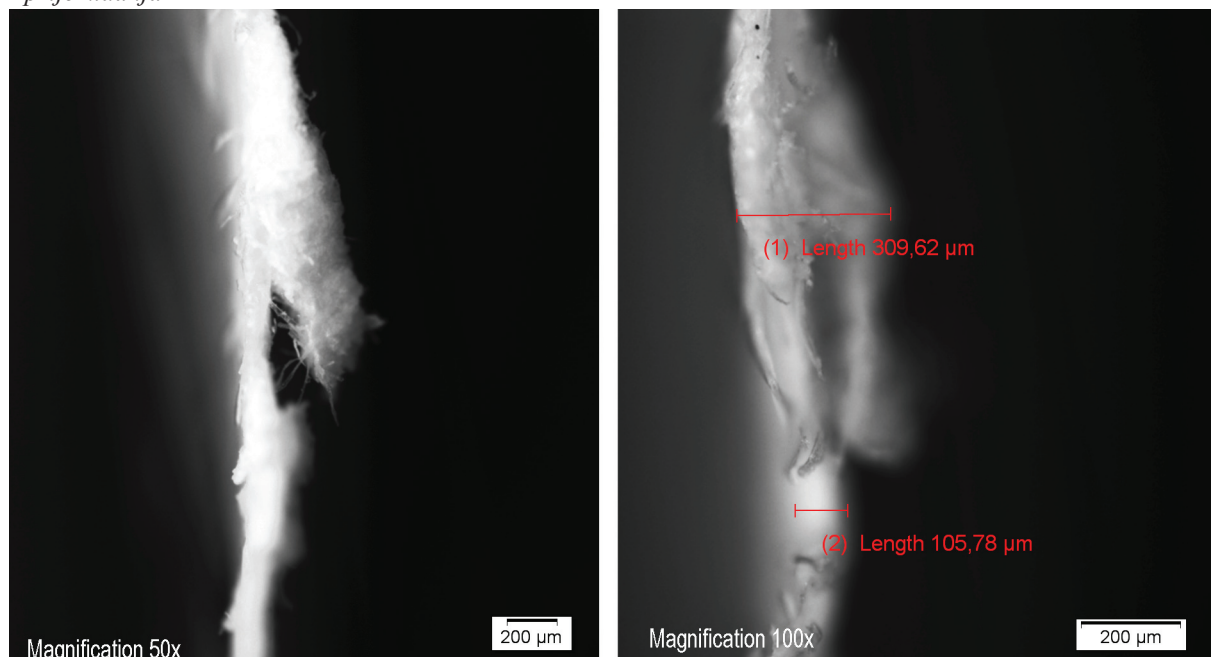


Grafikon 12: Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za N\_100kb



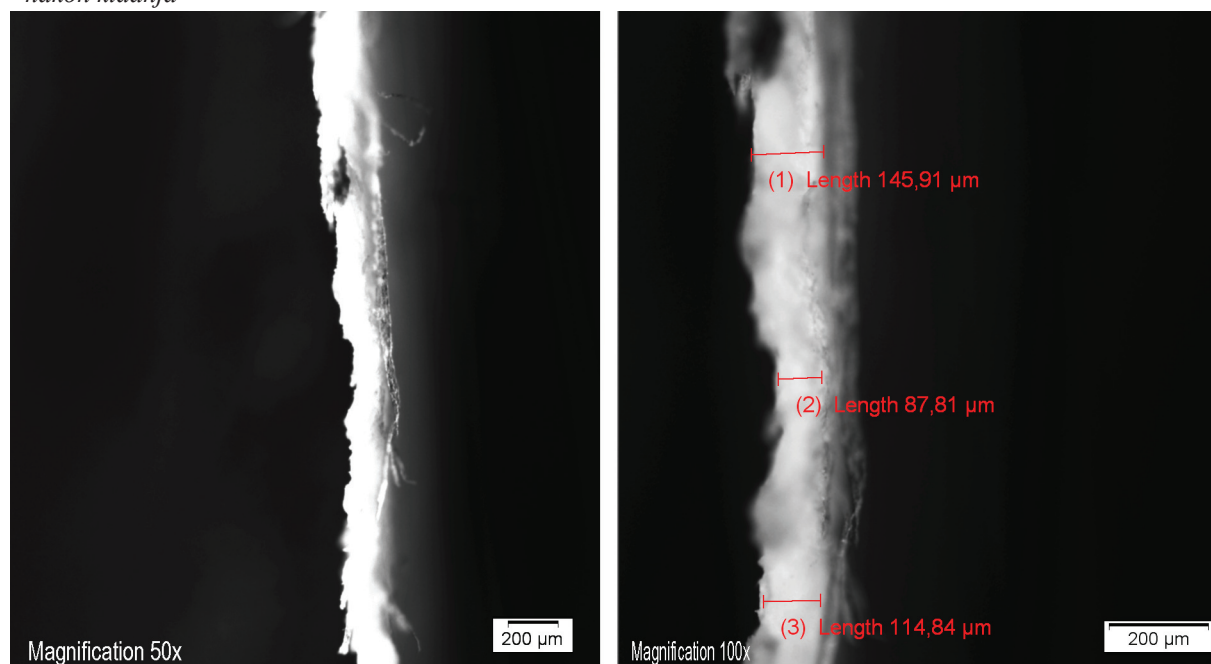


- prije kidanja



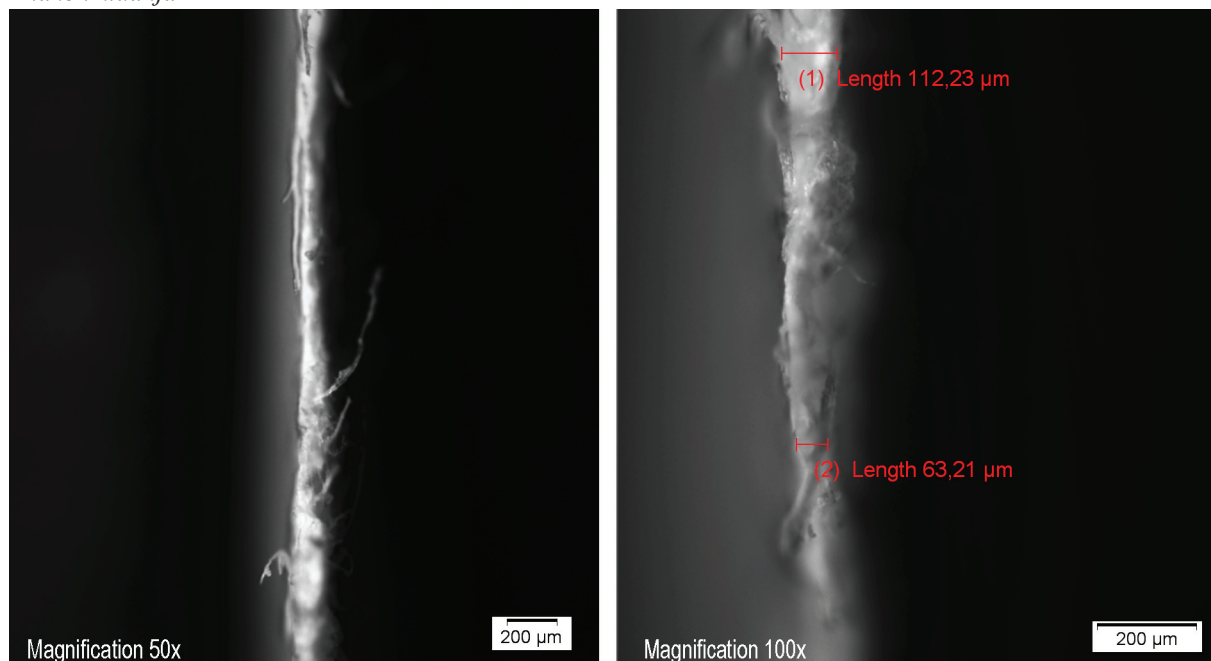
Slika 55. Optičke snimke uzorka N\_100kb<sub>x</sub> (povećanje 50x, 100x)

- nakon kidanja



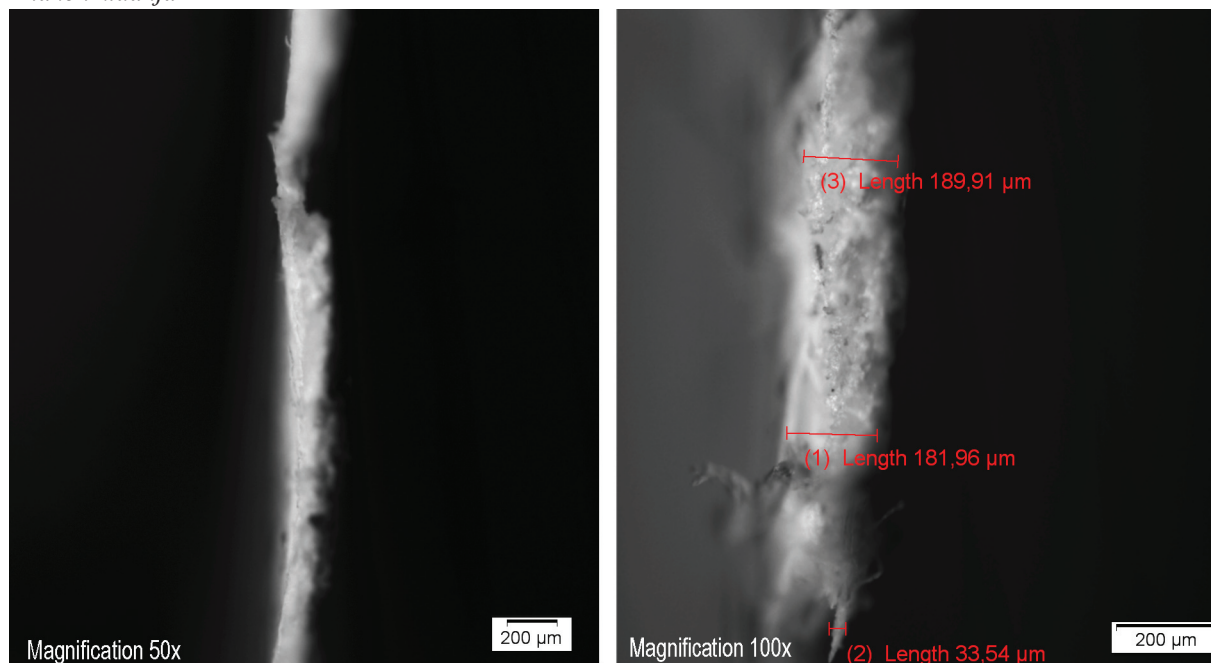
Slika 56. Optičke snimke uzorka N\_100kb<sub>c0</sub> (povećanje 50x, 100x)

- nakon kidanja



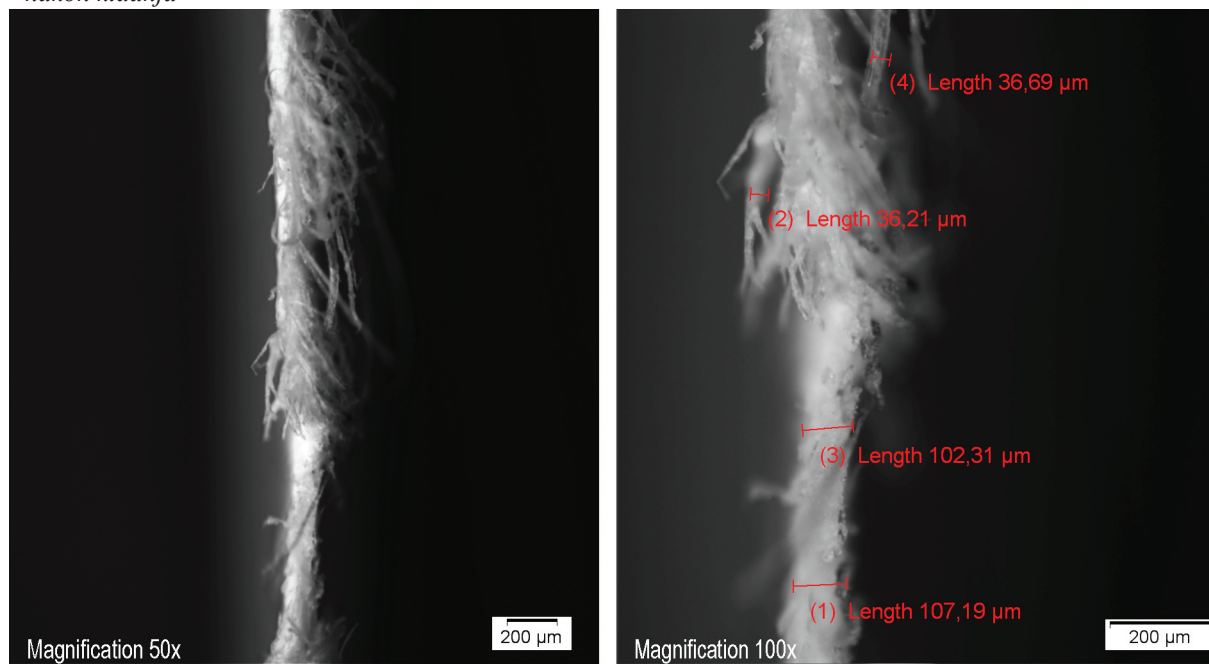
Slika 57. Optičke snimke uzorka N\_100kb<sub>II</sub> (povećanje 50x, 100x)

- nakon kidanja

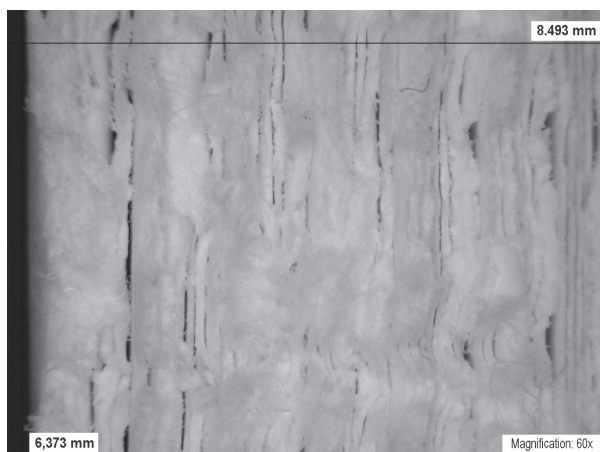


Slika 58. Optičke snimke uzorka N\_100kb<sub>E2</sub> (povećanje 50x, 100x)

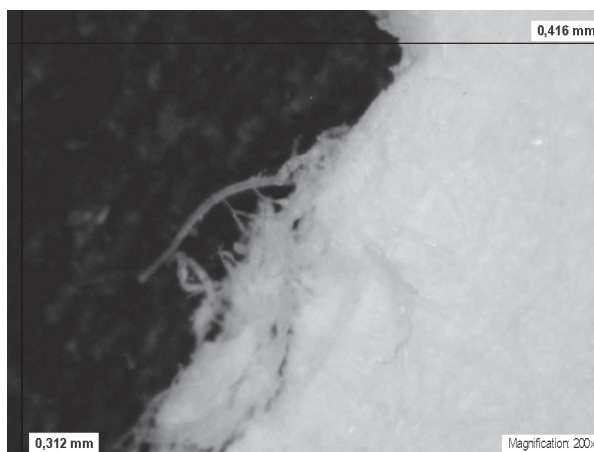
- nakon kidanja



Slika 59. Optičke snimke uzorka N\_100kb<sub>G4</sub> (povećanje 50x, 100x)

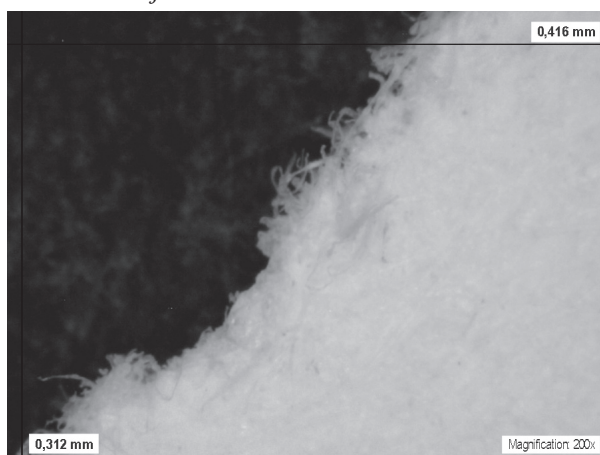


Slika 60. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>x</sub> - poprečni presjek (povećanje 60x)

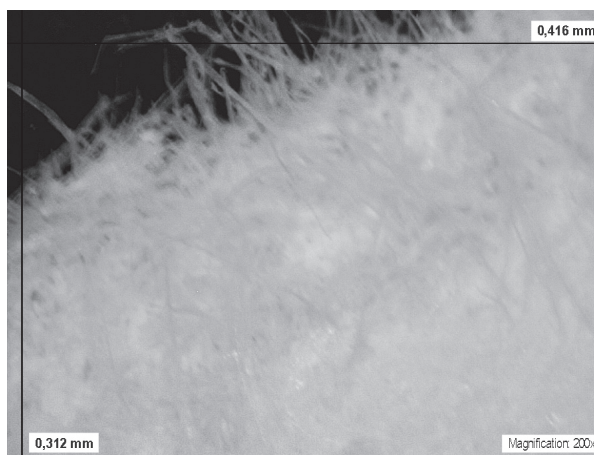


Slika 61. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>x</sub> (povećanje 200x)

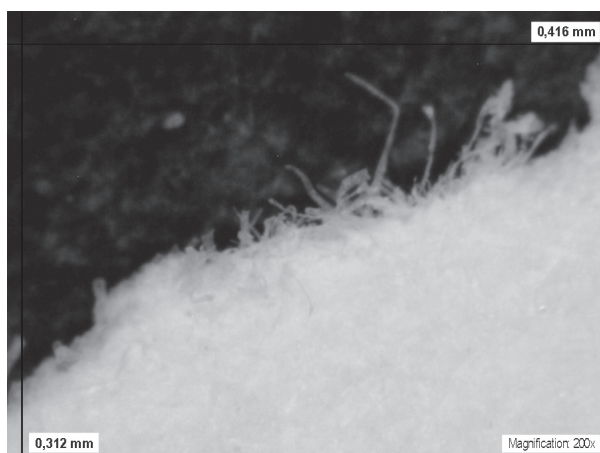
- nakon kidanja



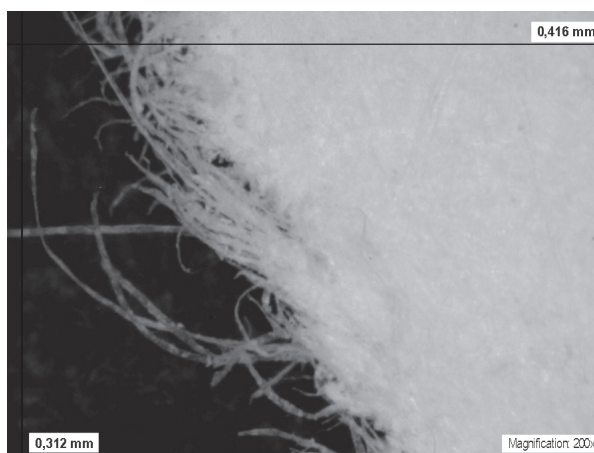
Slika 62. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>c0</sub> (povećanje 200x)



Slika 63. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>E0</sub> (povećanje 200x)

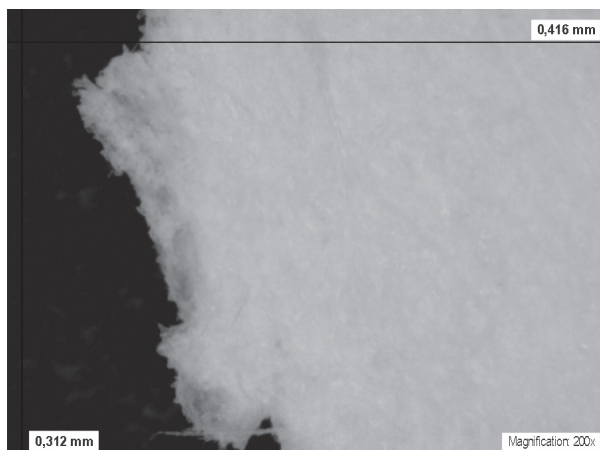


Slika 64. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>II</sub> (povećanje 200x)

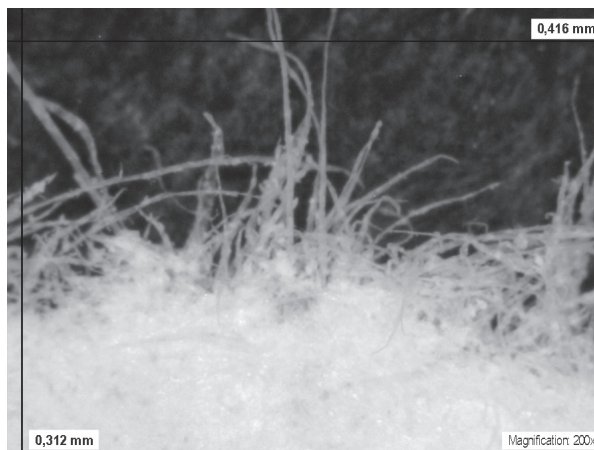


Slika 65. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>JI</sub> (povećanje 200x)

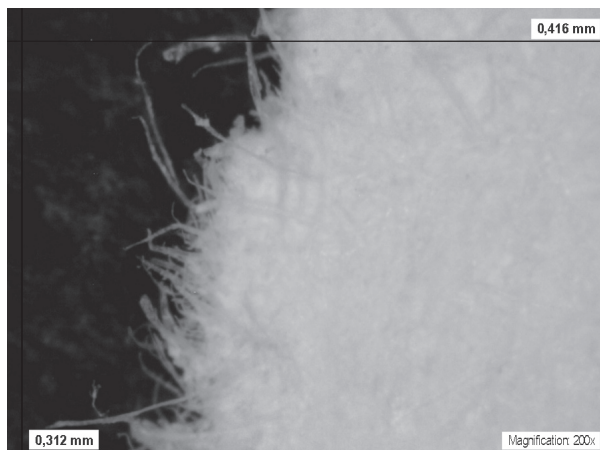




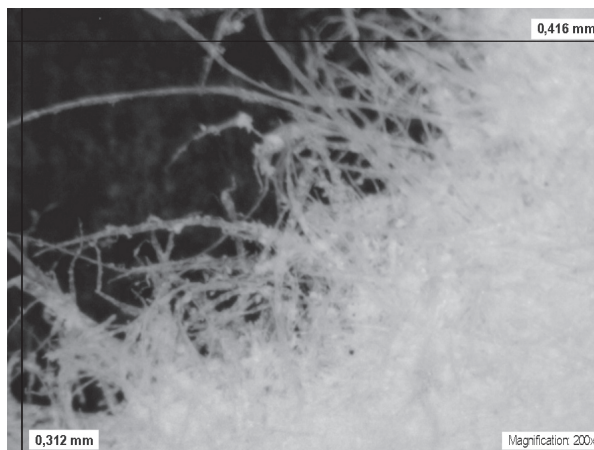
Slika 66. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>E2</sub>  
(povećanje 200x)



Slika 67. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>J2</sub>  
(povećanje 200x)



Slika 68. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>G4</sub>  
(povećanje 200x)



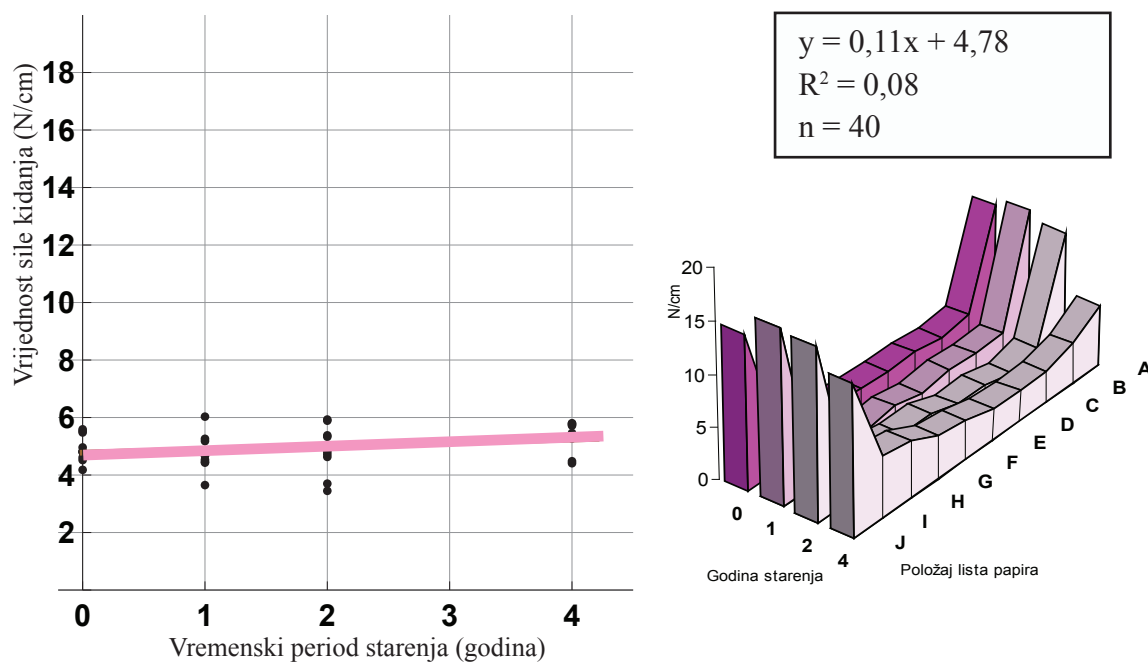
Slika 69. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>J4</sub>  
(povećanje 200x)

**4.3. MJERENJA I MIKROSKOPSKA ANALIZA PROMJENE ČVRSTOĆE  
SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE ZA PAPIR P\_115**

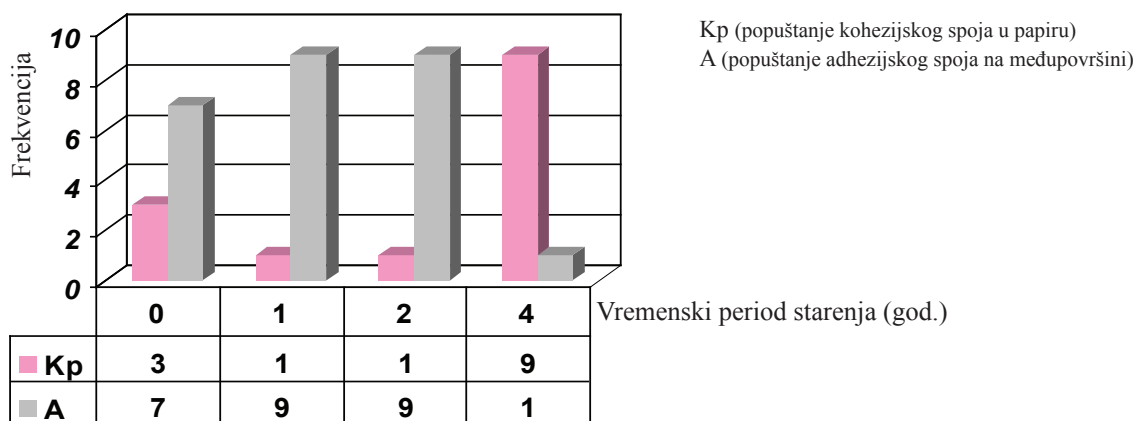
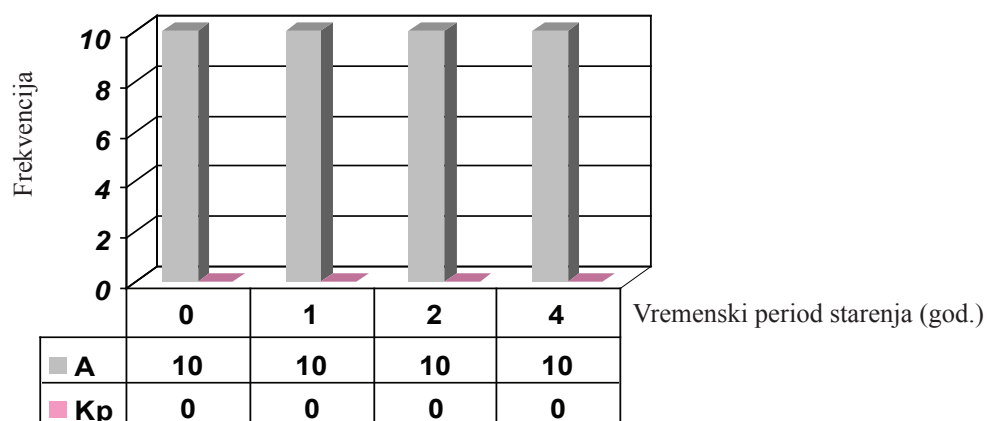


PREMAZANI – SJAJAN

Grafikon 13. Zavisnost čvrstoće o starenju za P\_115kb

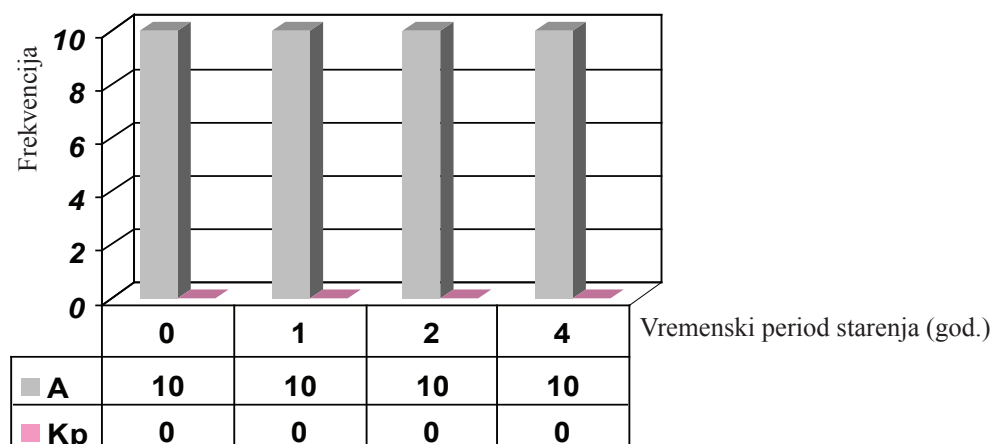
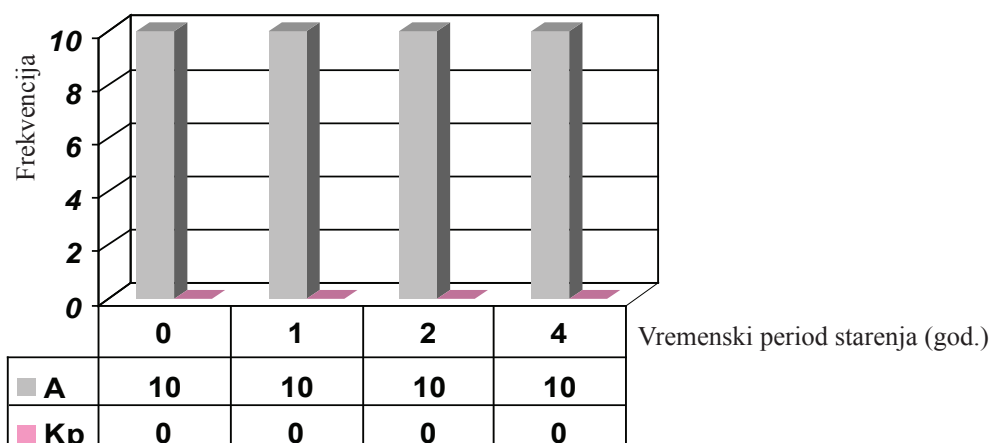
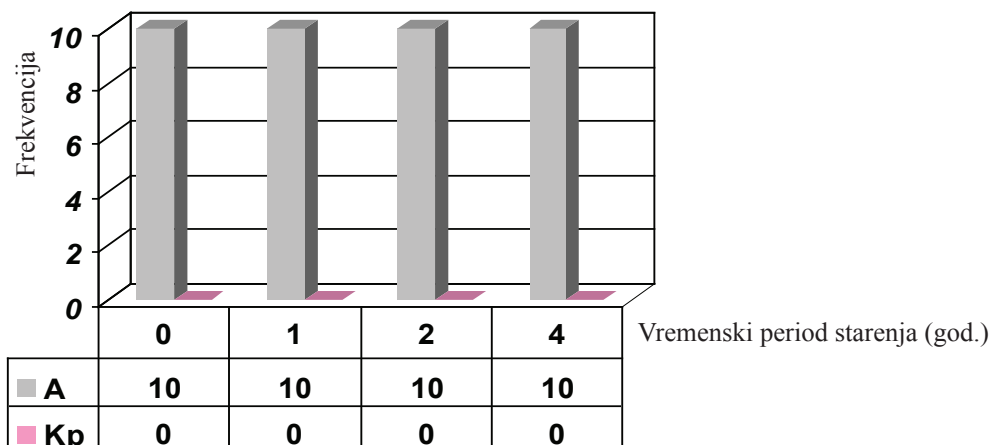


## Rezultati vizualne procjene ovisno o starenju

Histogram 31. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb<sub>A</sub>Histogram 32. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb<sub>B</sub>

Kp (popuštanje kohezijskog spoja u papiru)

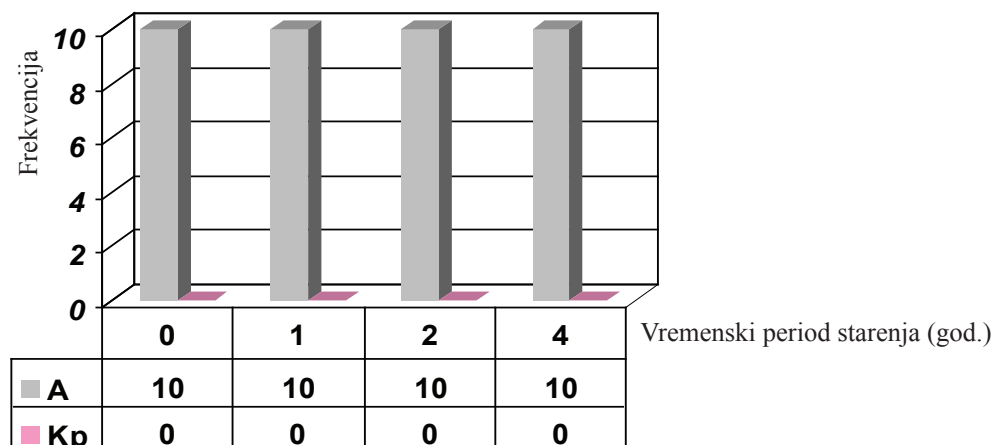
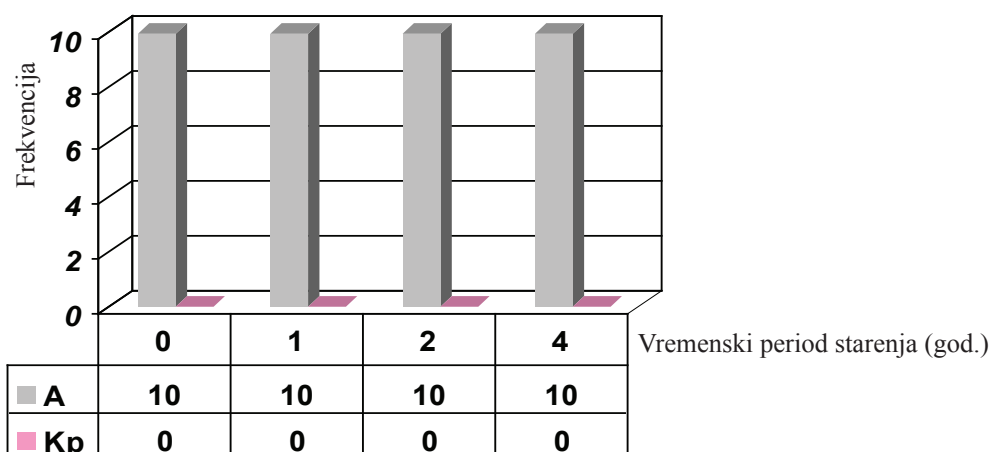
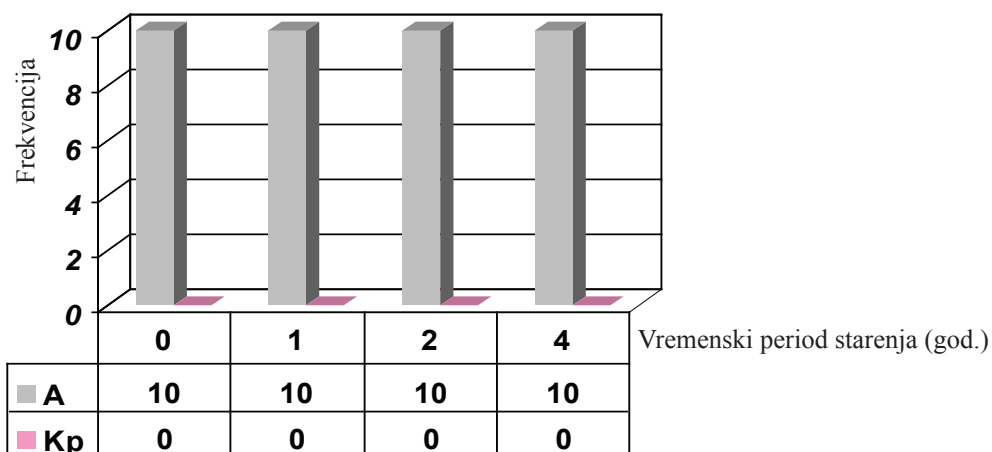
A (popuštanje adhezijskog spoja na međupovršini)

Histogram 33. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb<sub>C</sub>Histogram 34. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb<sub>D</sub>Histogram 35. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb<sub>E</sub>



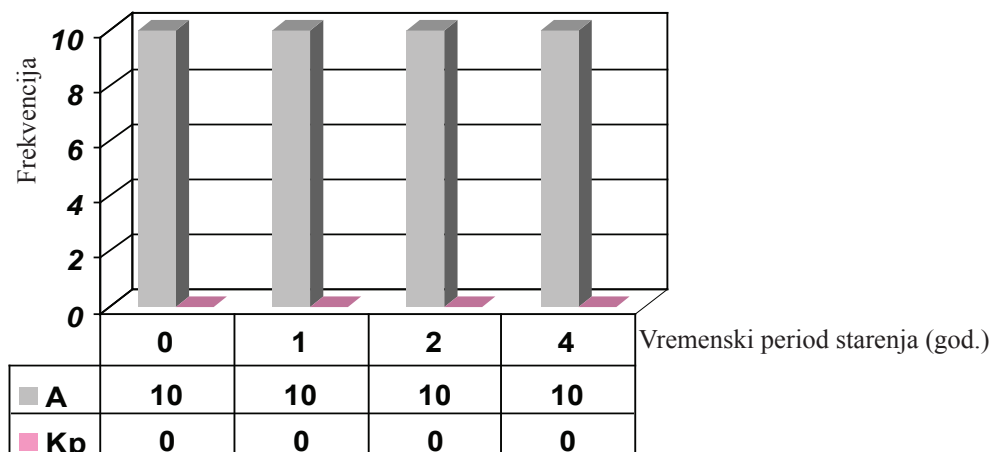
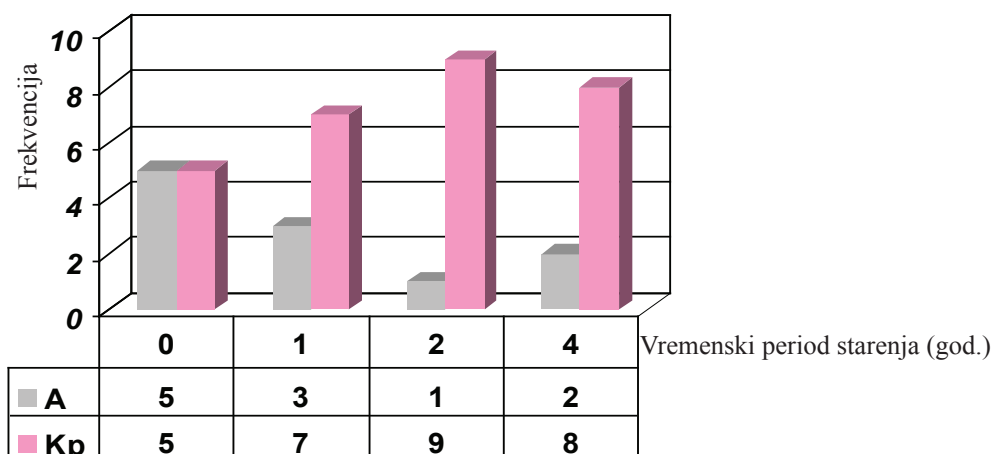
Kp (popuštanje kohezijskog spoja u papiru)

A (popuštanje adhezijskog spoja na međupovršini)

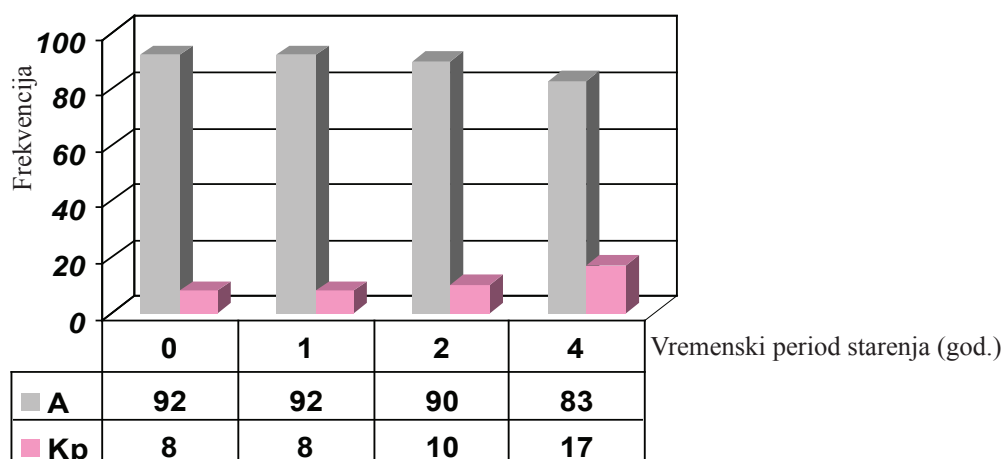
Histogram 36. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb<sub>F</sub>Histogram 37. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb<sub>G</sub>Histogram 38. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb<sub>H</sub>

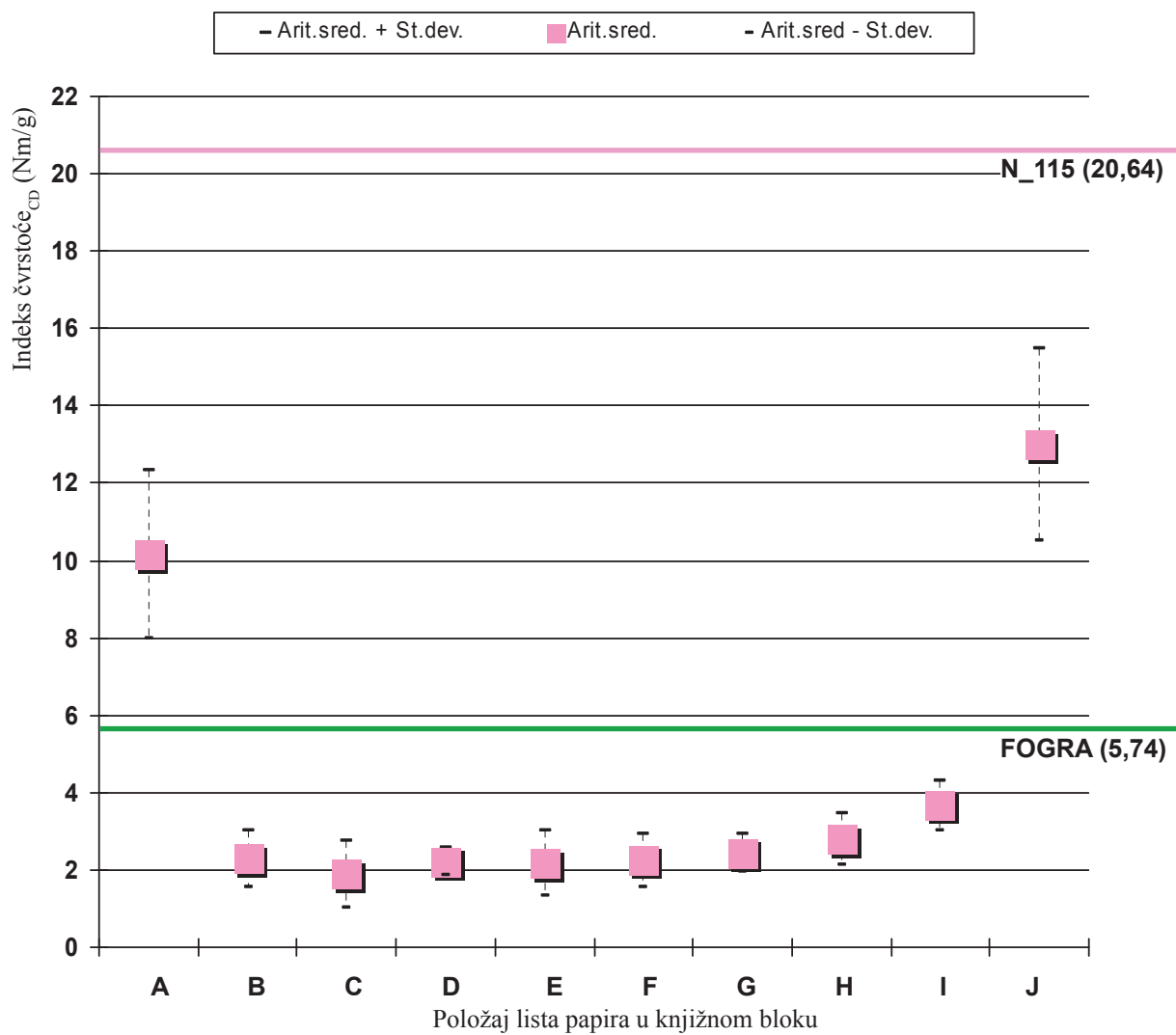
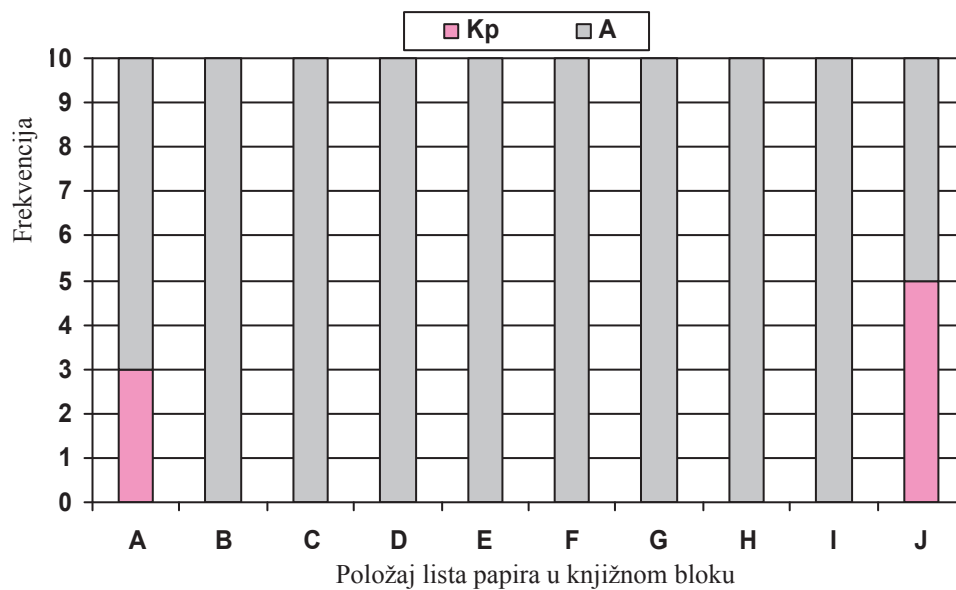
Kp (popuštanje kohezijskog spoja u papiru)

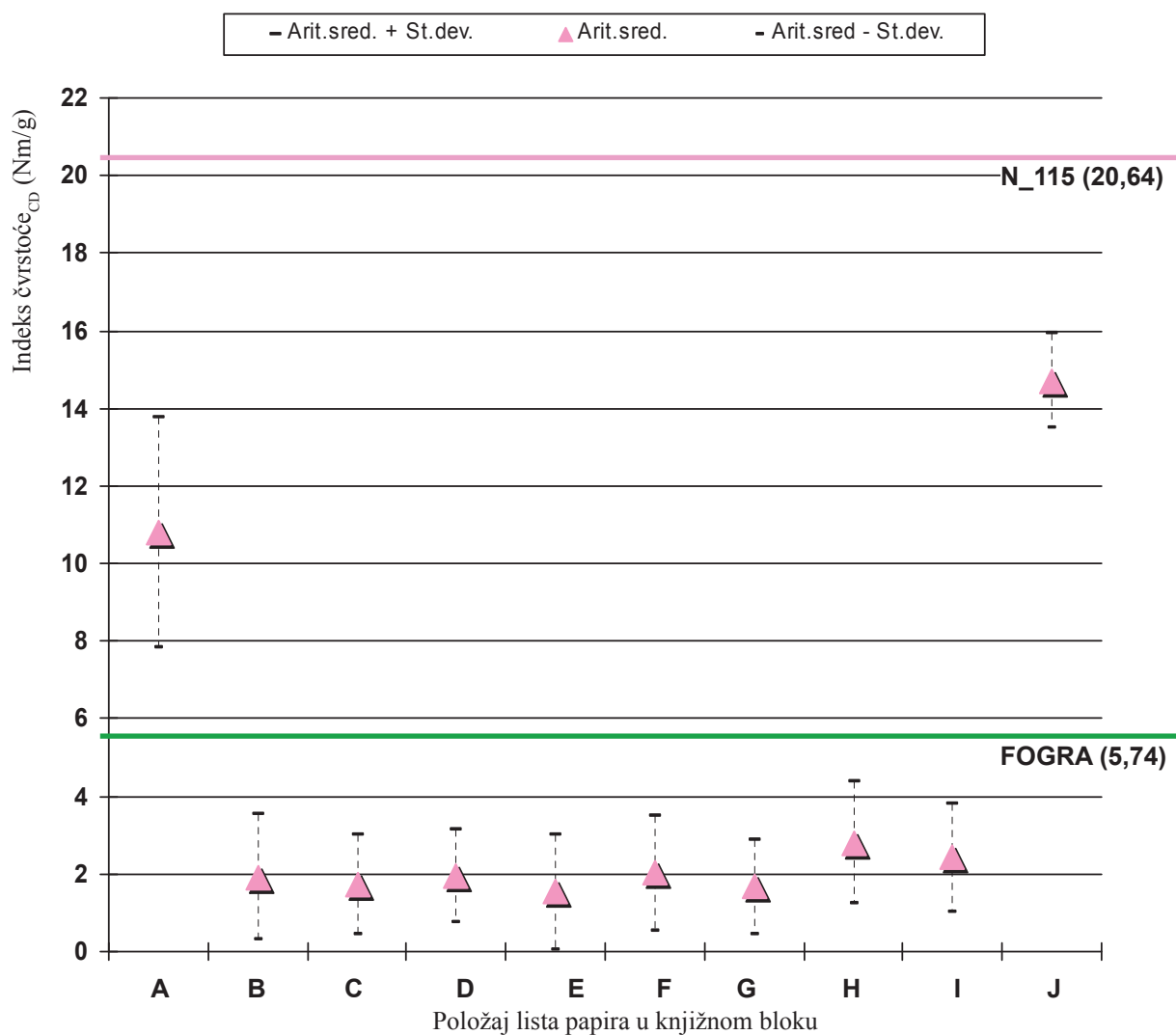
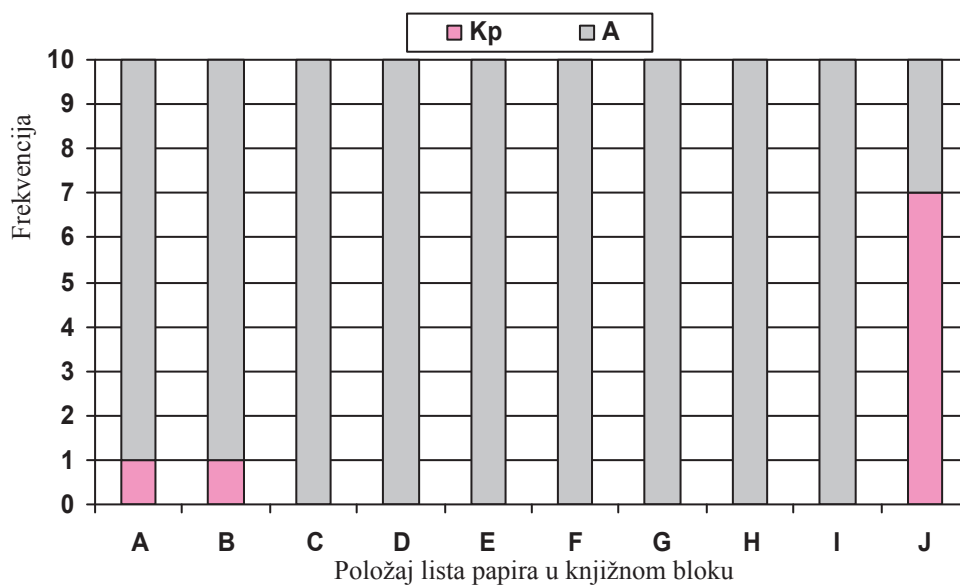
A (popuštanje adhezijskog spoja na međupovršini)

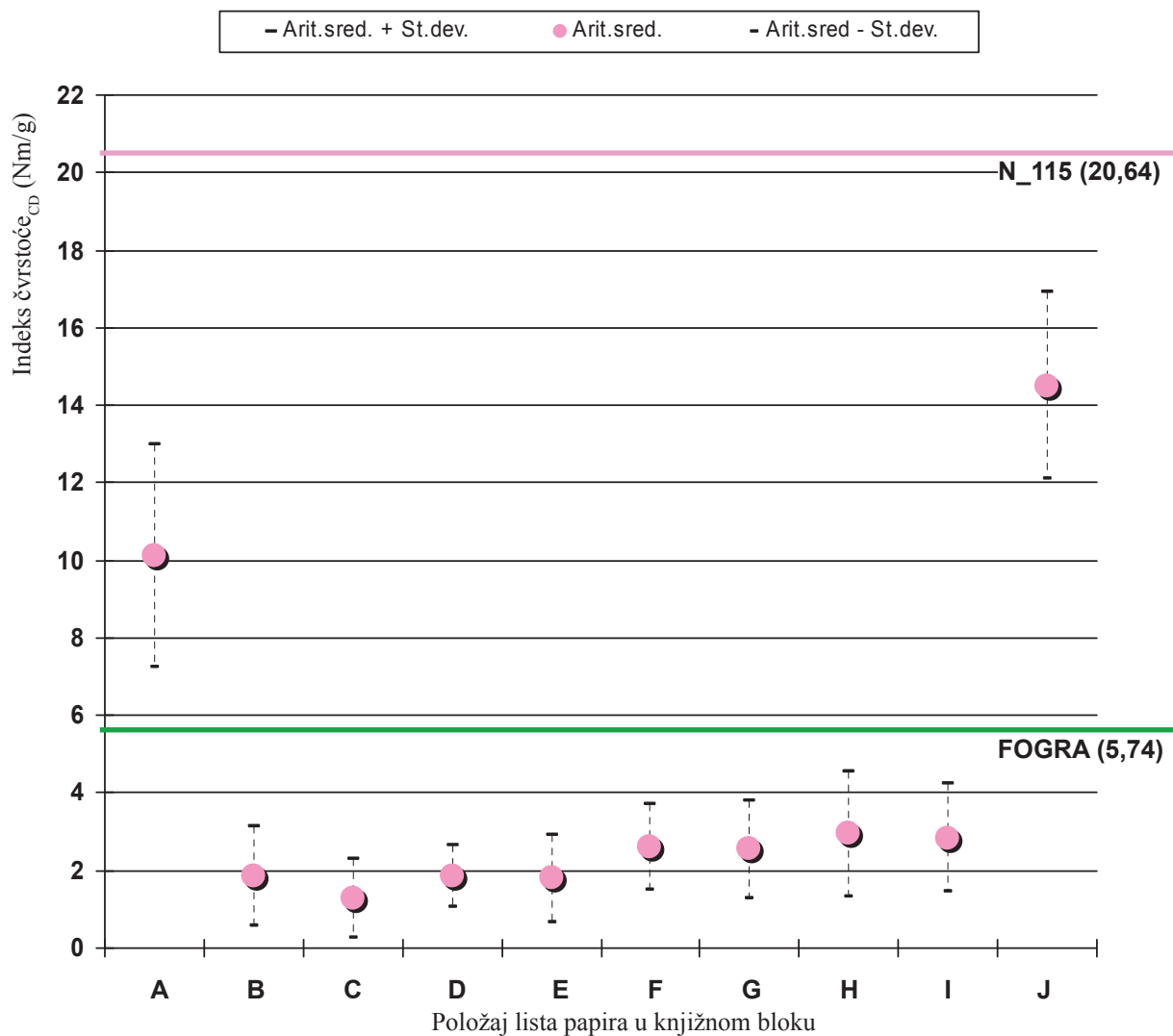
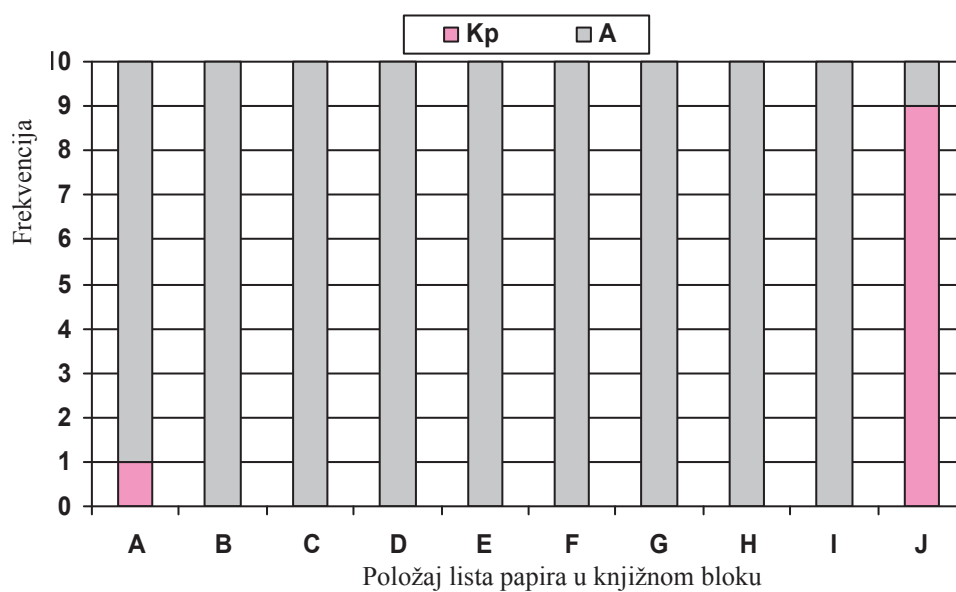
Histogram 39. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb<sub>1</sub>Histogram 40. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb<sub>1</sub>

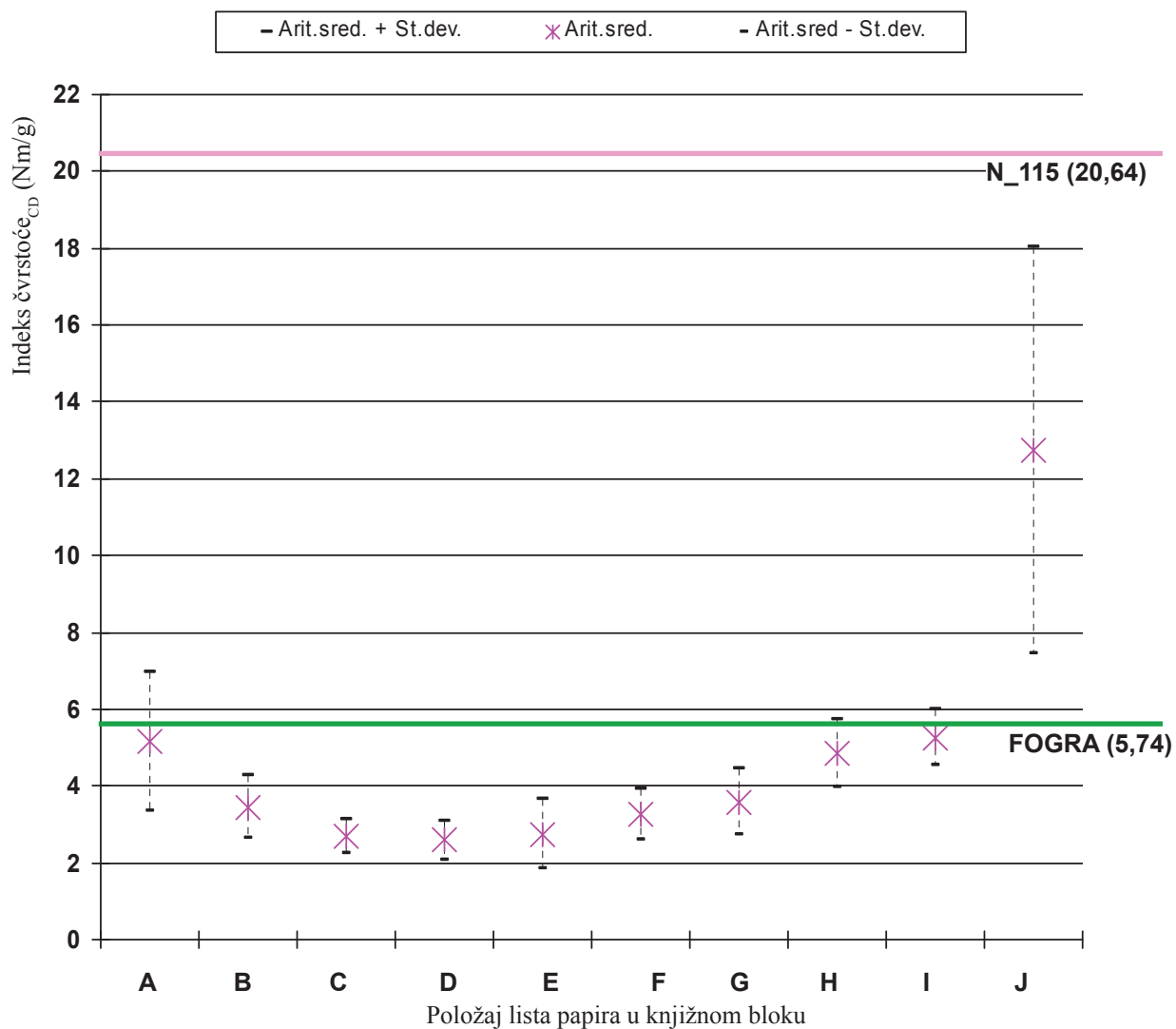
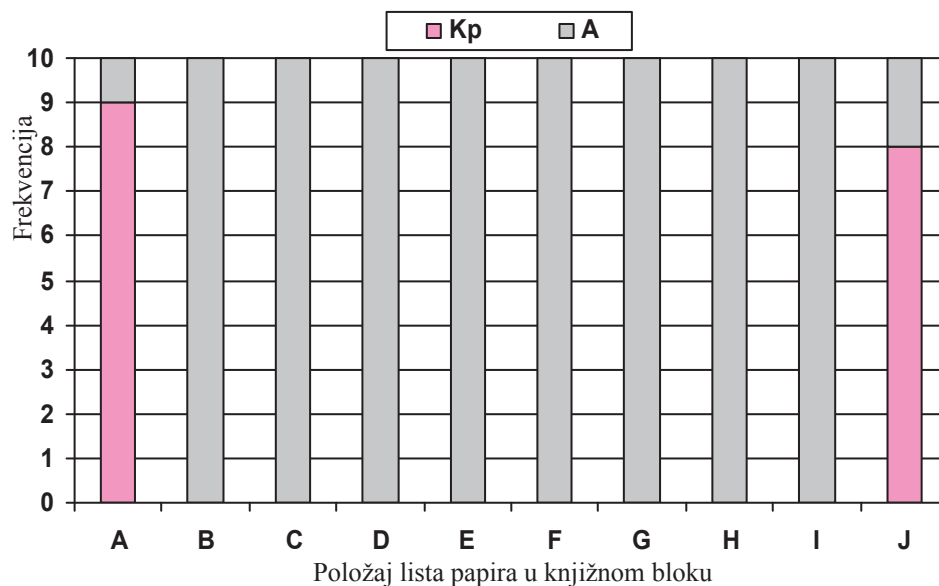
Histogram 41. Kumulativ učestalosti popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb



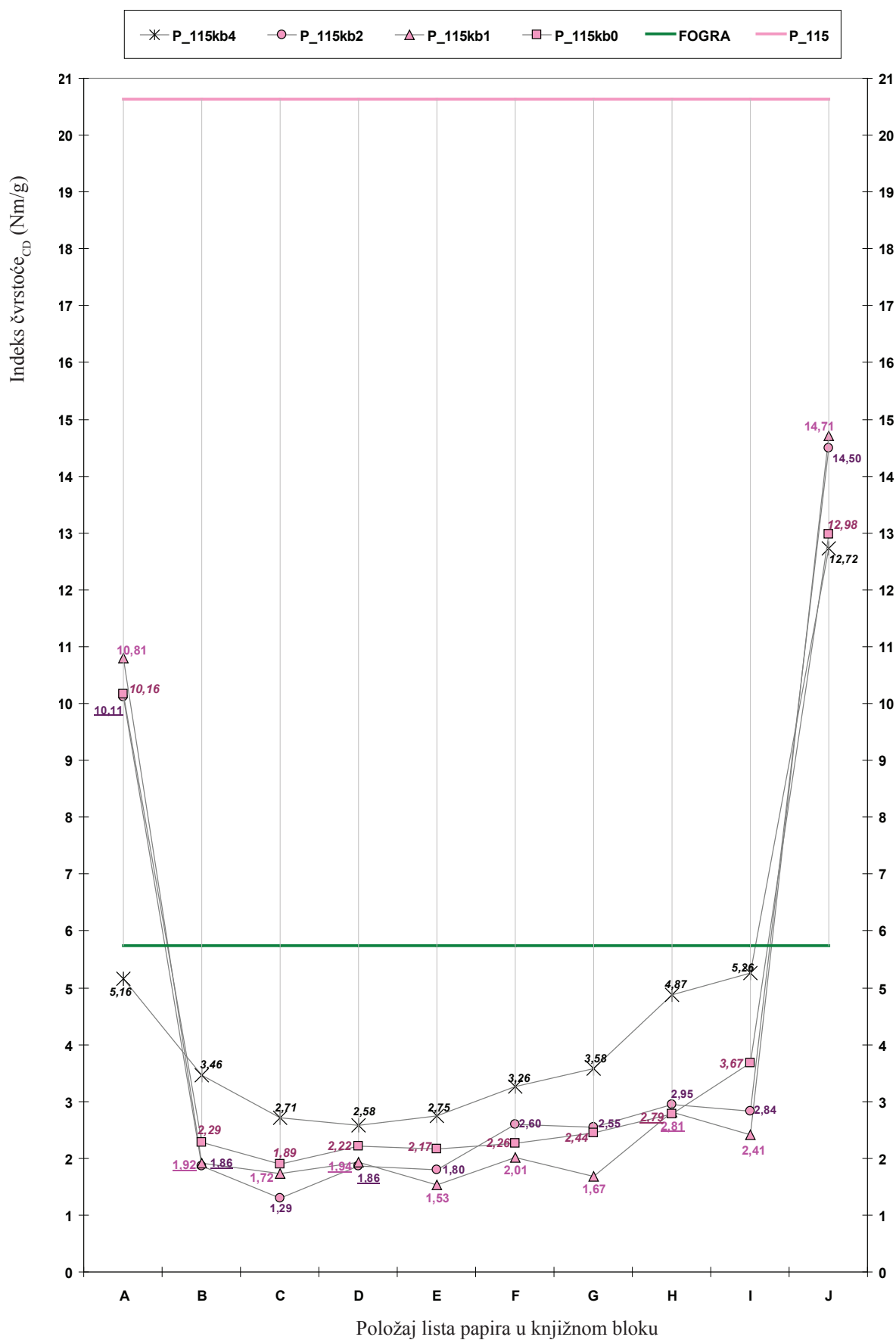
Grafikon 14. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za P\_115kb<sub>0</sub>Histogram 42. Učestalost popuštanja spoja za P\_115kb<sub>0</sub>

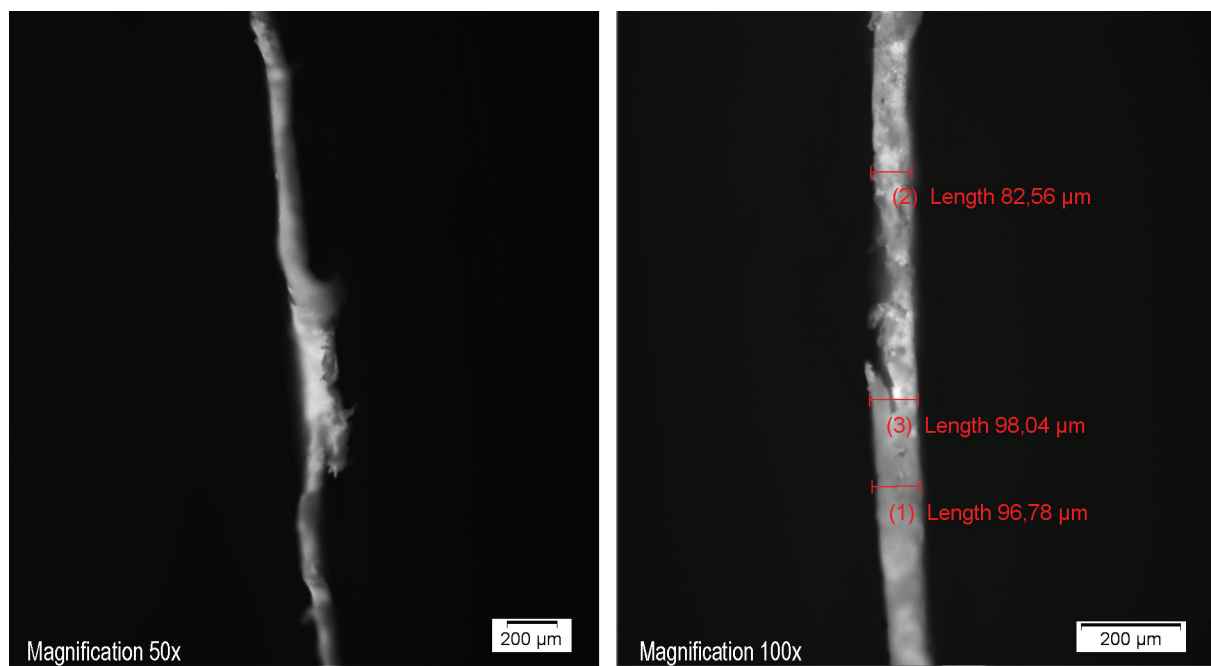
Grafikon 15. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za P\_115kb<sub>1</sub>Histogram 43. Učestalost popuštanja spoja za N\_115kb<sub>1</sub>

Grafikon 16. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za P\_115kb<sub>2</sub>Histogram 44. Učestalost popuštanja spoja za P\_115kb<sub>2</sub>

Grafikon 17. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za P\_115kb<sub>4</sub>Histogram 45. Učestalost popuštanja spoja za P\_115kb<sub>4</sub>

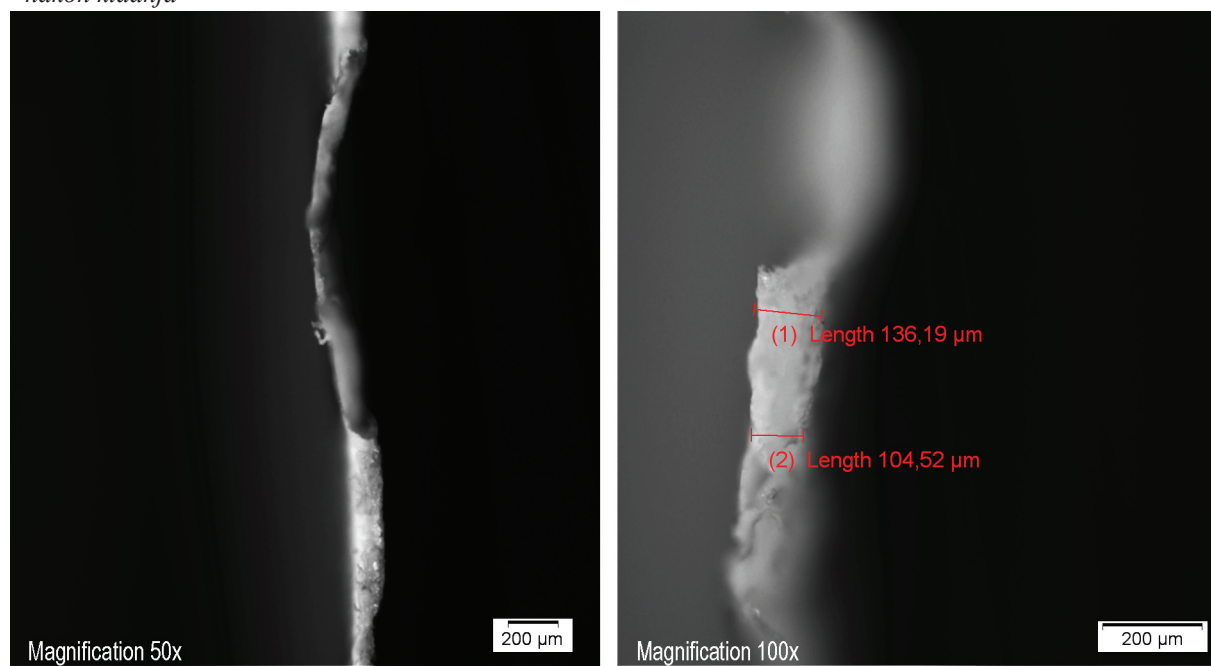
Grafikon 18. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za P\_115kb





Slika 70. Optičke snimke uzorka P\_115kb<sub>x</sub> (povećanje 50x, 100x)

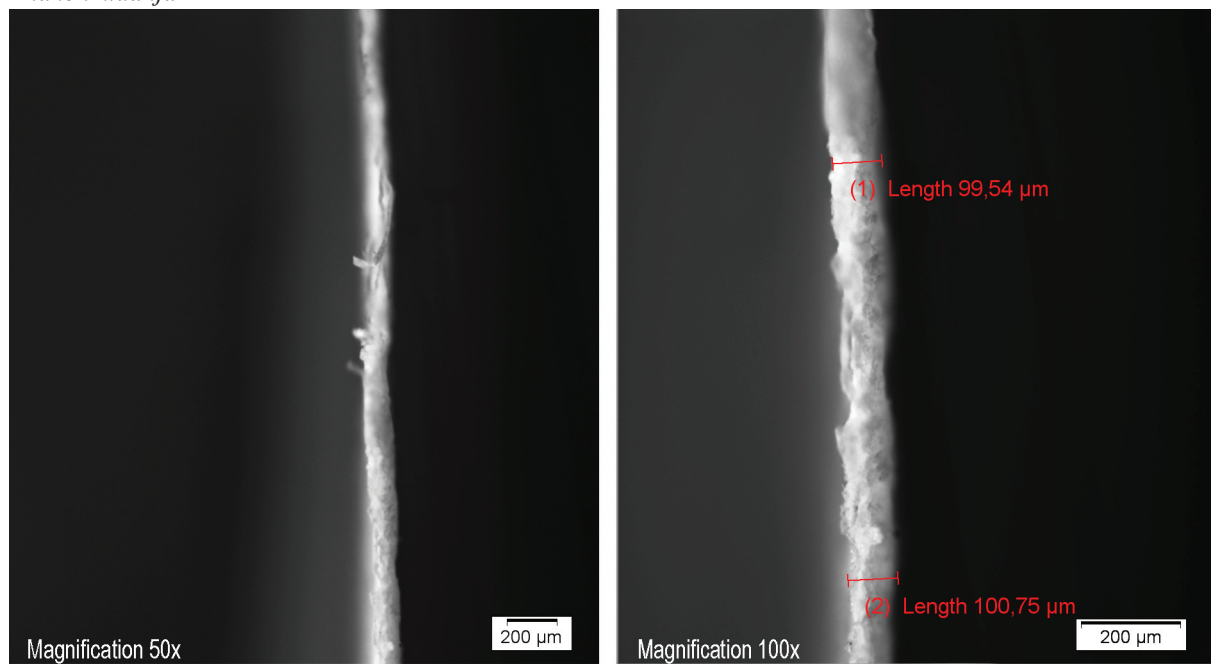
- nakon kidanja



Slika 71. Optičke snimke uzorka P\_115kb<sub>c0</sub> (povećanje 50x, 100x)

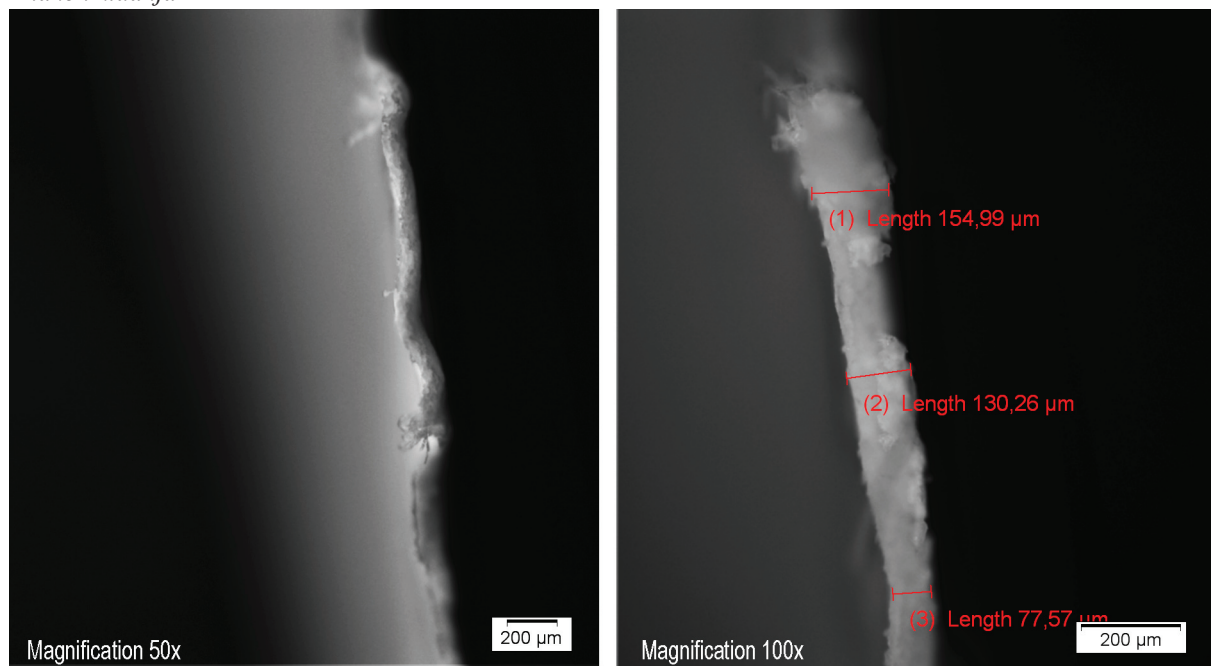


- nakon kidanja



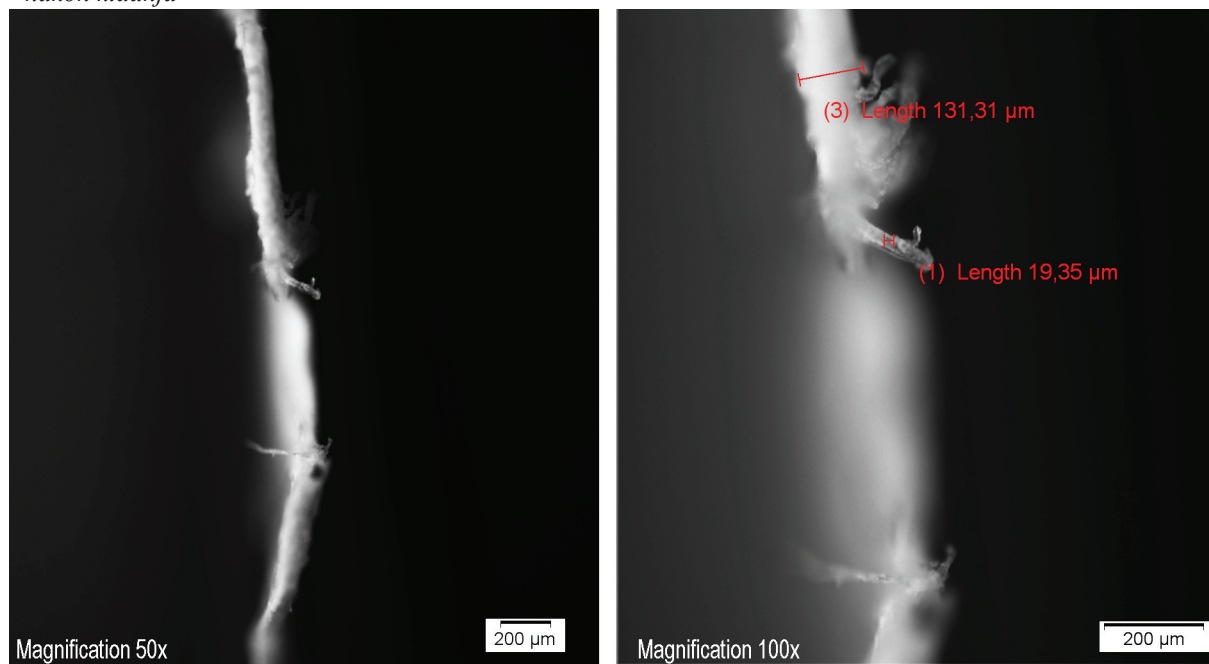
Slika 72. Optičke snimke uzorka P\_115kb<sub>F1</sub> (povećanje 50x, 100x)

- nakon kidanja

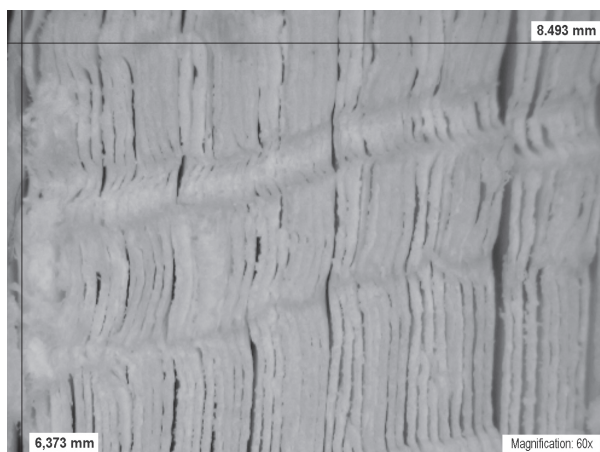


Slika 73. Optičke snimke uzorka P\_115kb<sub>D2</sub> (povećanje 50x, 100x)

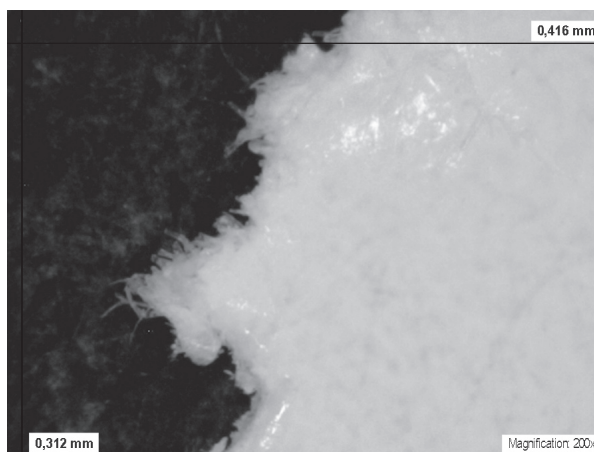
- nakon kidanja



Slika 74. Optičke snimke uzorka P\_115kb<sub>c4</sub> (povećanje 50x, 100x)

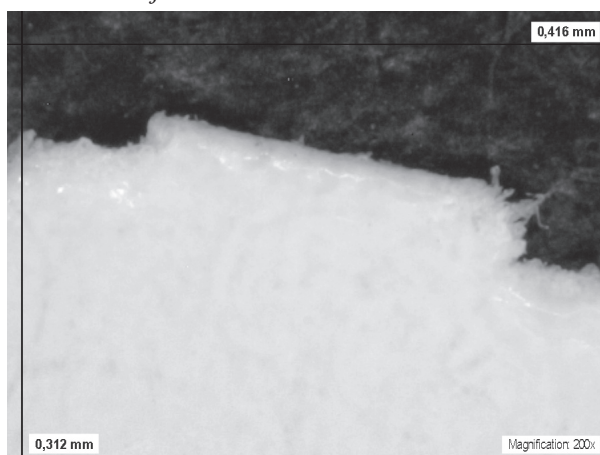


Slika 75. Digitalna snimka uzorka P\_115kb<sub>x</sub> - poprečni presjek (povećanje 60x)

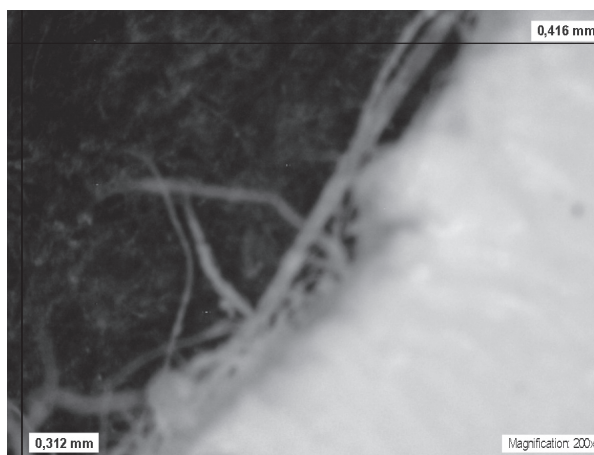


Slika 76. Digitalna snimka uzorka P\_115kb<sub>x</sub> (povećanje 200x)

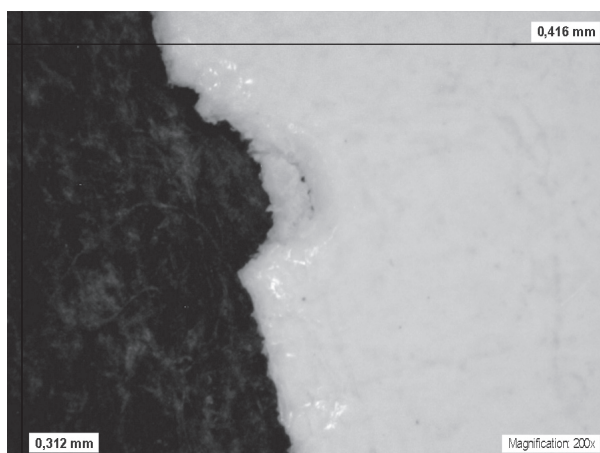
- nakon kidanja



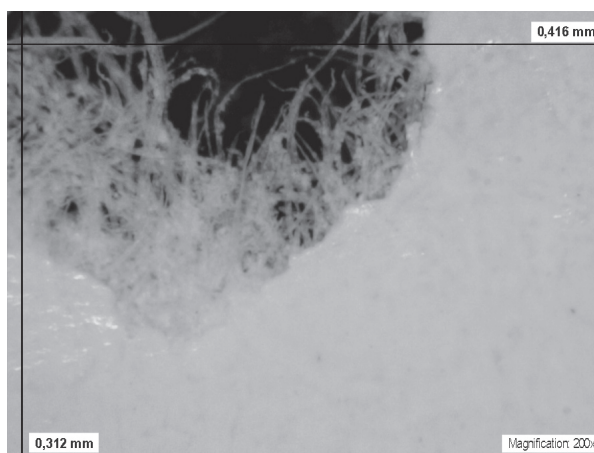
Slika 77. Digitalna snimka uzorka P\_115kb<sub>10</sub> (povećanje 200x)



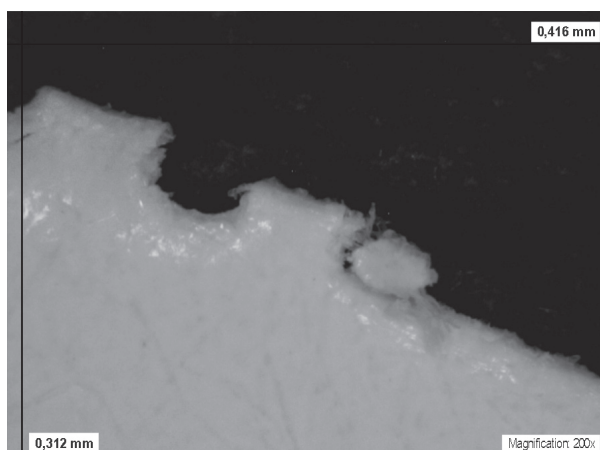
Slika 78. Digitalna snimka uzorka P\_115kb<sub>10</sub> (povećanje 200x)



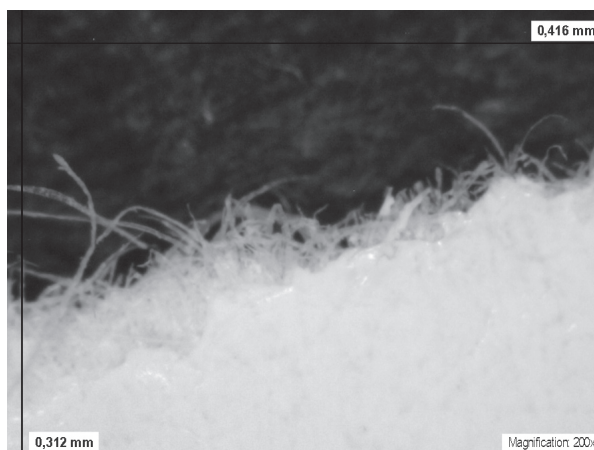
Slika 79. Digitalna snimka uzorka P\_115kb<sub>11</sub> (povećanje 200x)



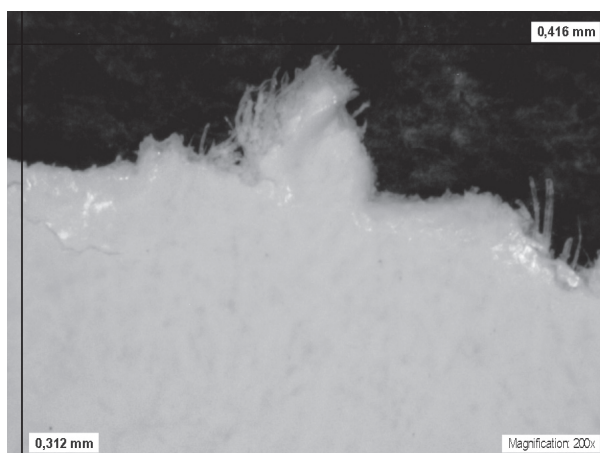
Slika 80. Digitalna snimka uzorka P\_115kb<sub>A1</sub> (povećanje 200x)



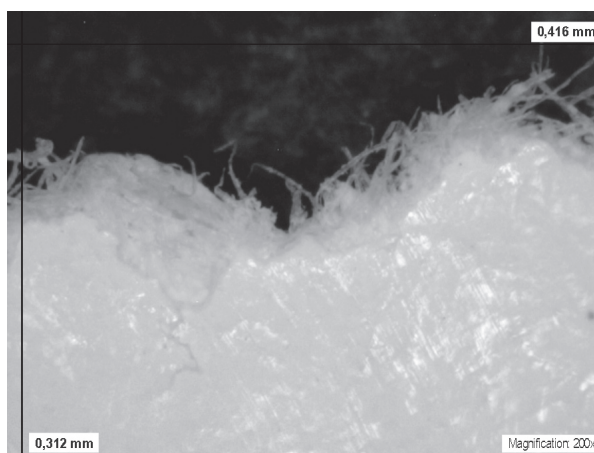
Slika 81. Digitalna snimka uzorka  
P\_115kb<sub>B2</sub> (povećanje 200x)



Slika 82. Digitalna snimka uzorka  
P\_115kb<sub>J2</sub> (povećanje 200x)



Slika 83. Digitalna snimka uzorka  
P\_115kb<sub>B4</sub> (povećanje 200x)



Slika 84. Digitalna snimka uzorka  
P\_115kb<sub>A4</sub> (povećanje 200x)

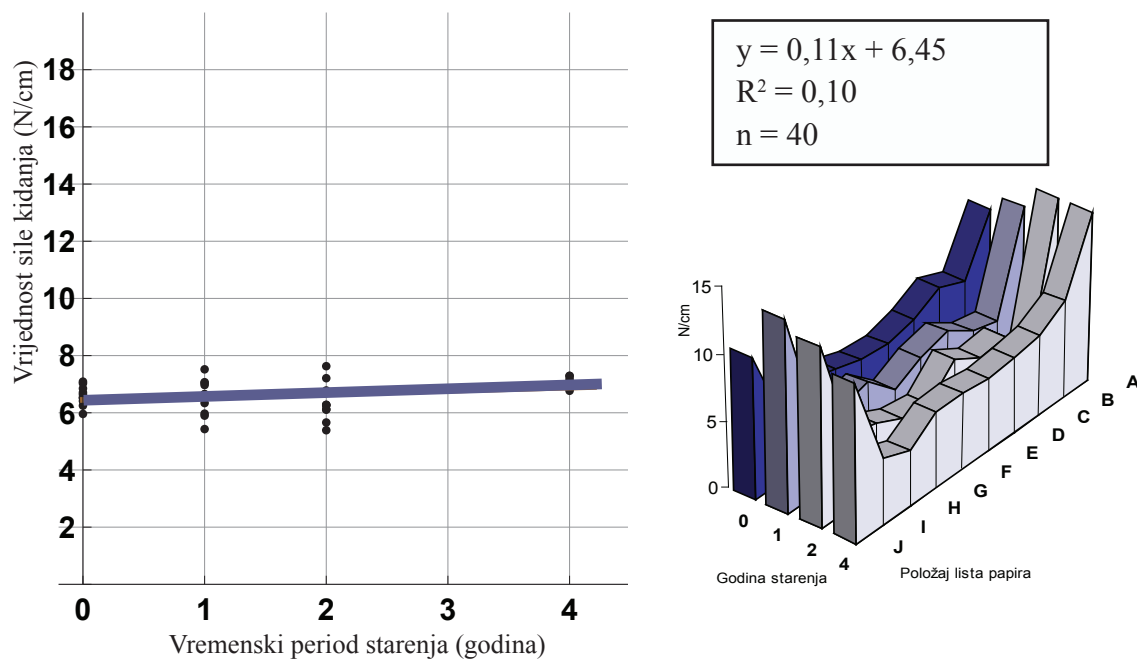
**4.4. MJERENJA I MIKROSKOPSKA ANALIZA PROMJENE ČVRSTOĆE  
SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE ZA PAPIR P\_150**



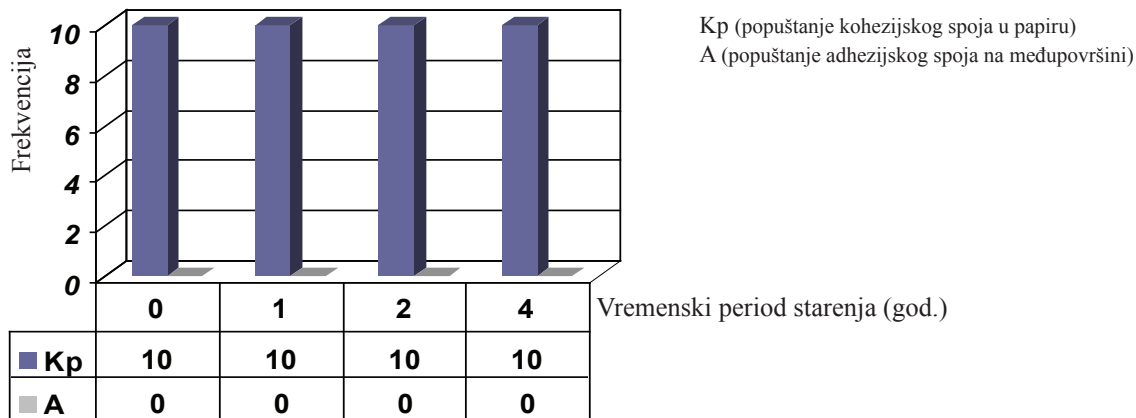
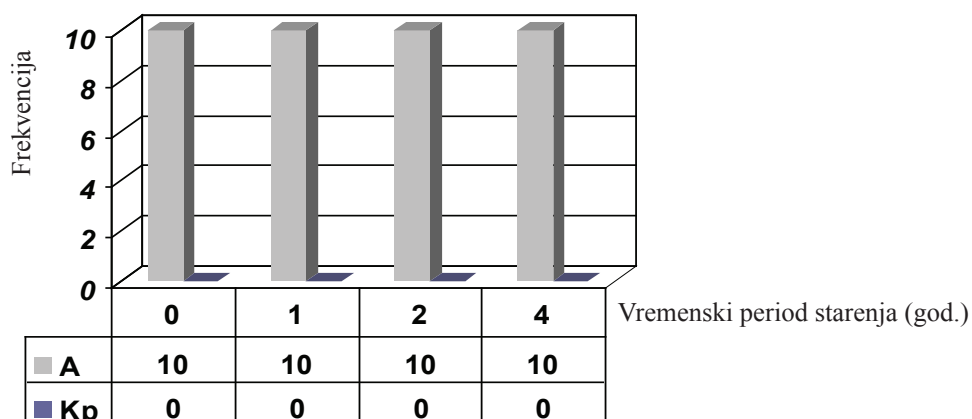
PREMAZANI - MAT



Gramatura 19. Zavisnost čvrstoće o starenju za P\_150kb

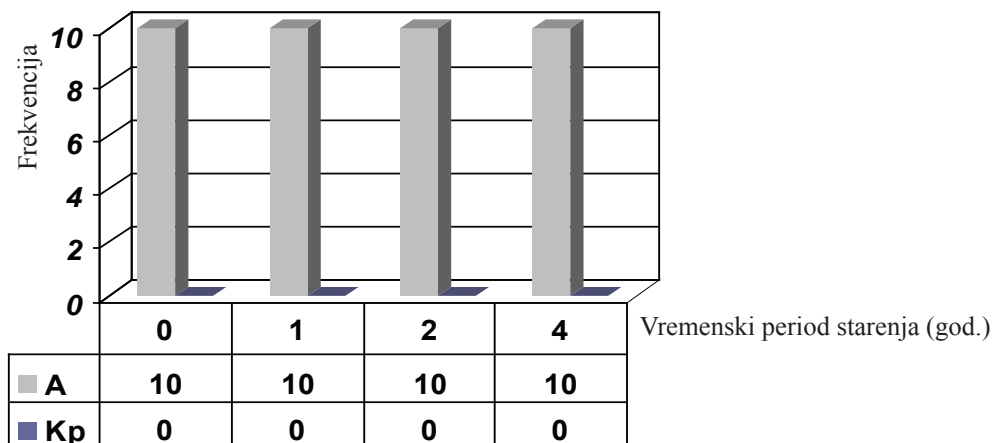
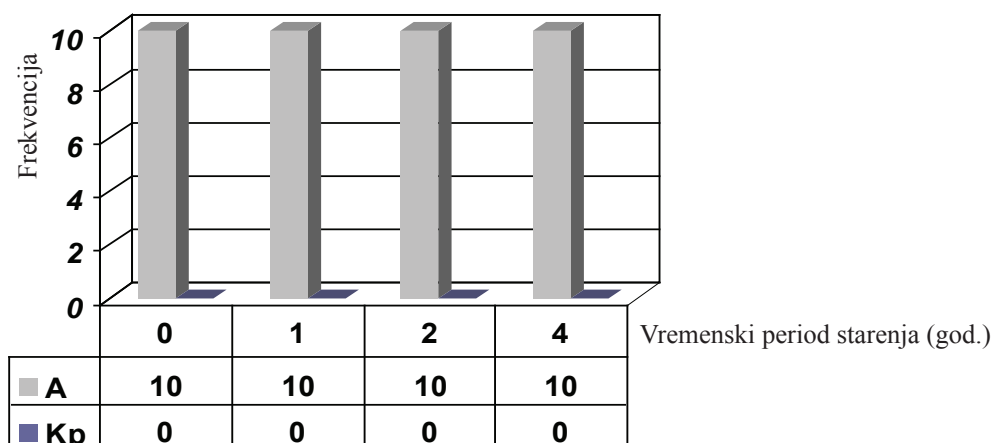
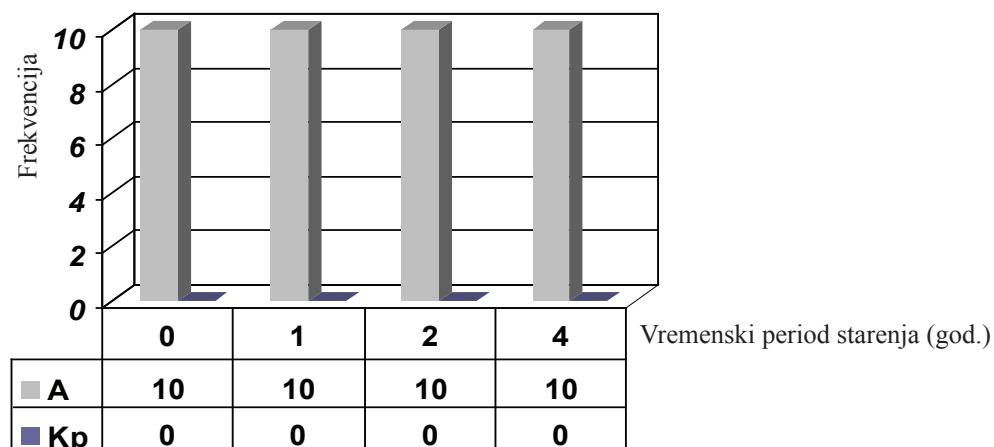


## Rezultati vizualne procjene ovisno o starenju

Histogram 46. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb<sub>A</sub>Histogram 47. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb<sub>B</sub>

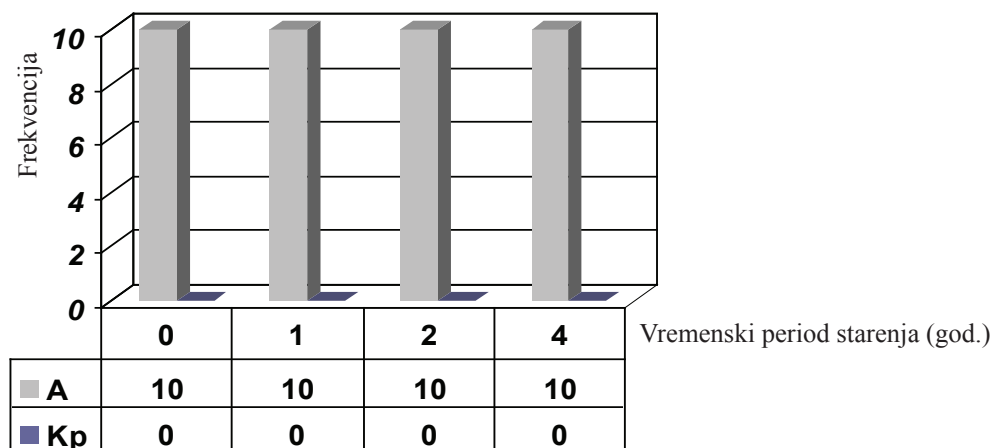
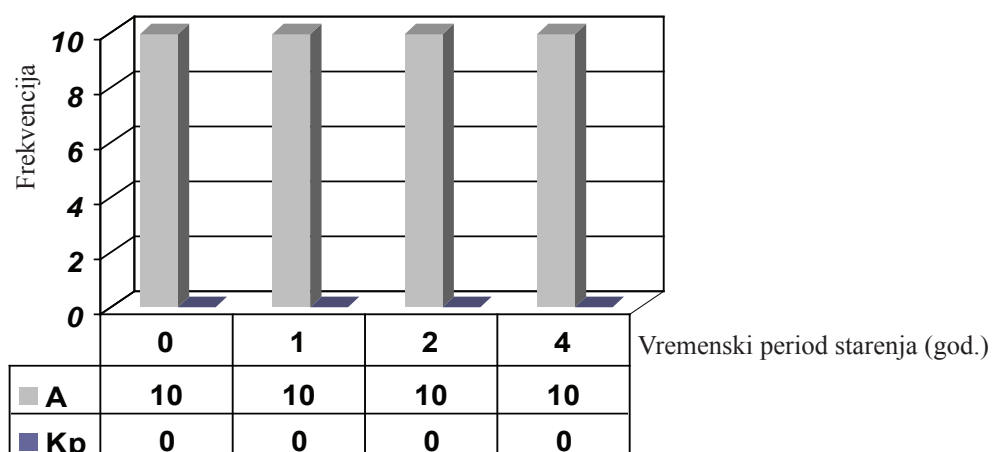
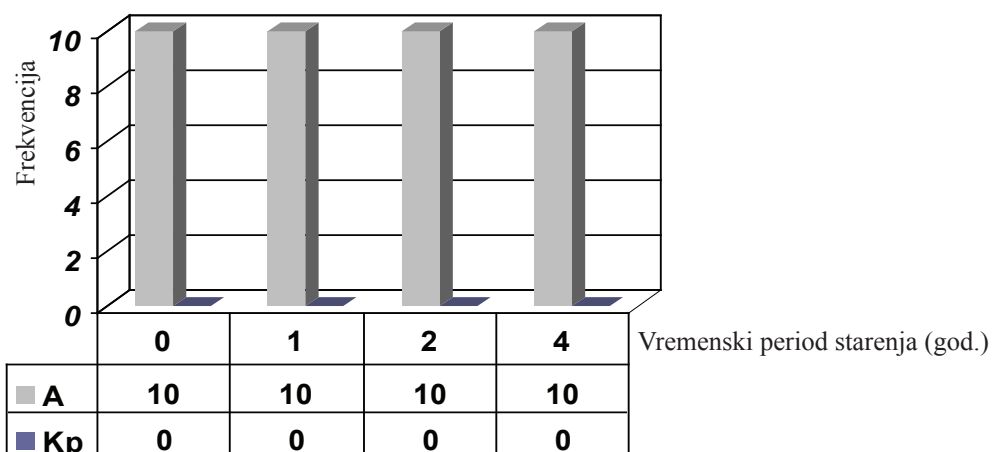
Kp (popuštanje kohezijskog spoja u papiru)

A (popuštanje adhezijskog spoja na međupovršini)

Histogram 48. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb<sub>C</sub>Histogram 49. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb<sub>D</sub>Histogram 50. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb<sub>E</sub>

Kp (popuštanje kohezijskog spoja u papiru)

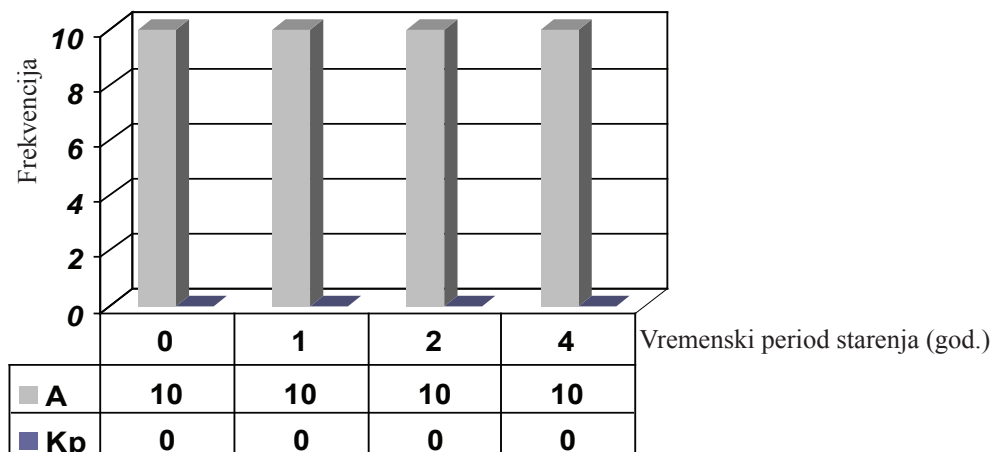
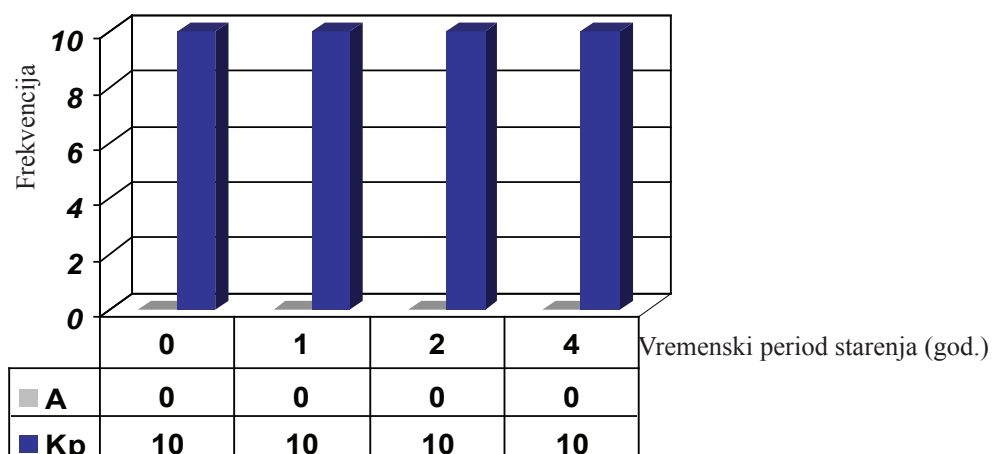
A (popuštanje adhezijskog spoja na međupovršini)

Histogram 51. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb<sub>F</sub>Histogram 52. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb<sub>G</sub>Histogram 53. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb<sub>H</sub>

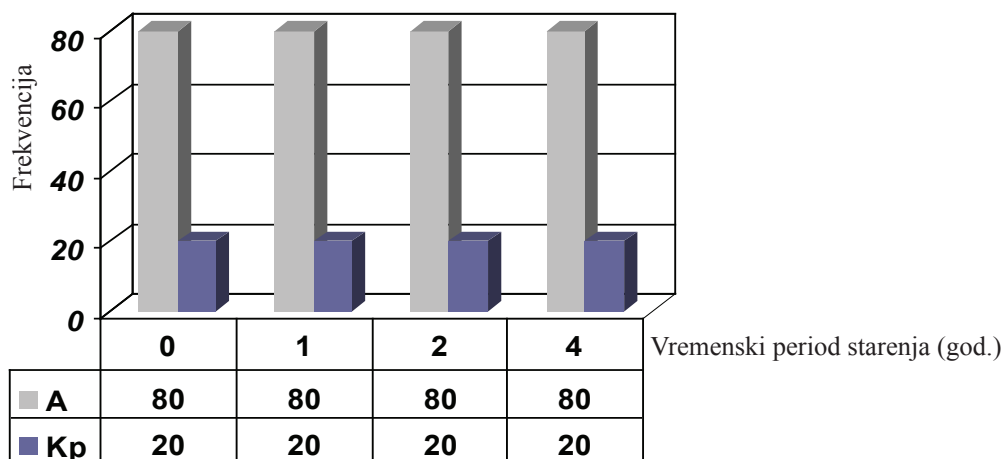


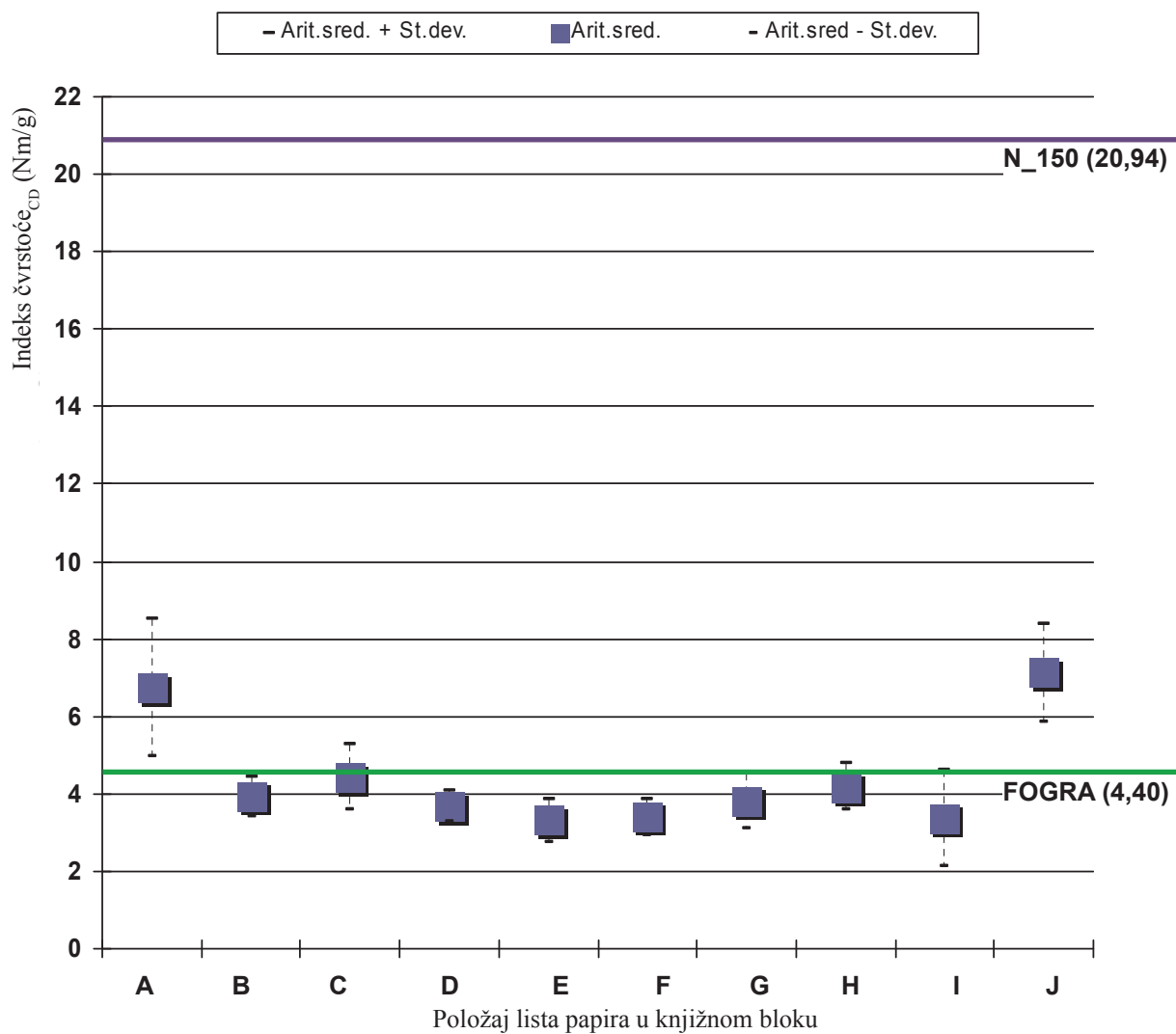
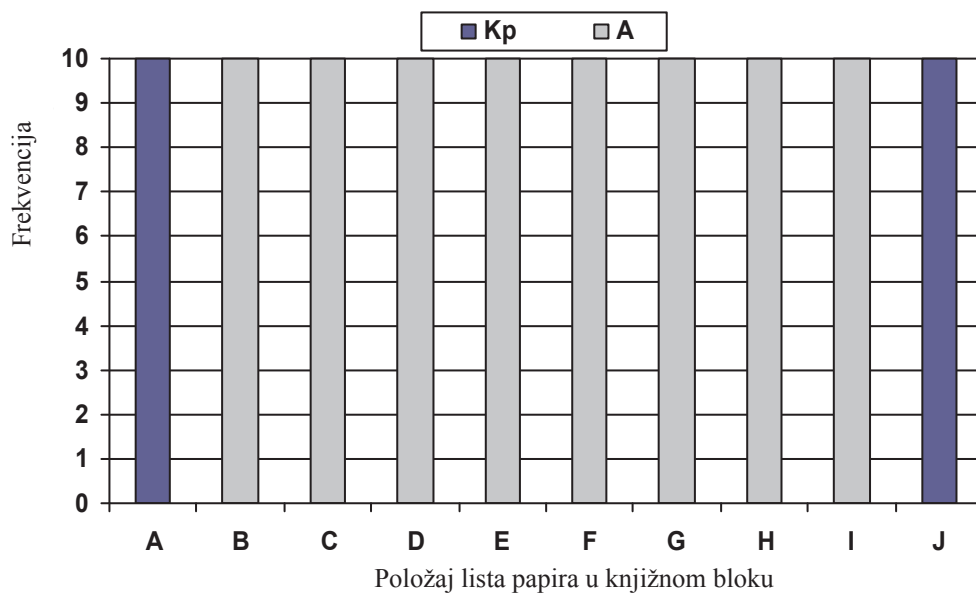
Kp (popuštanje kohezijskog spoja u papiru)

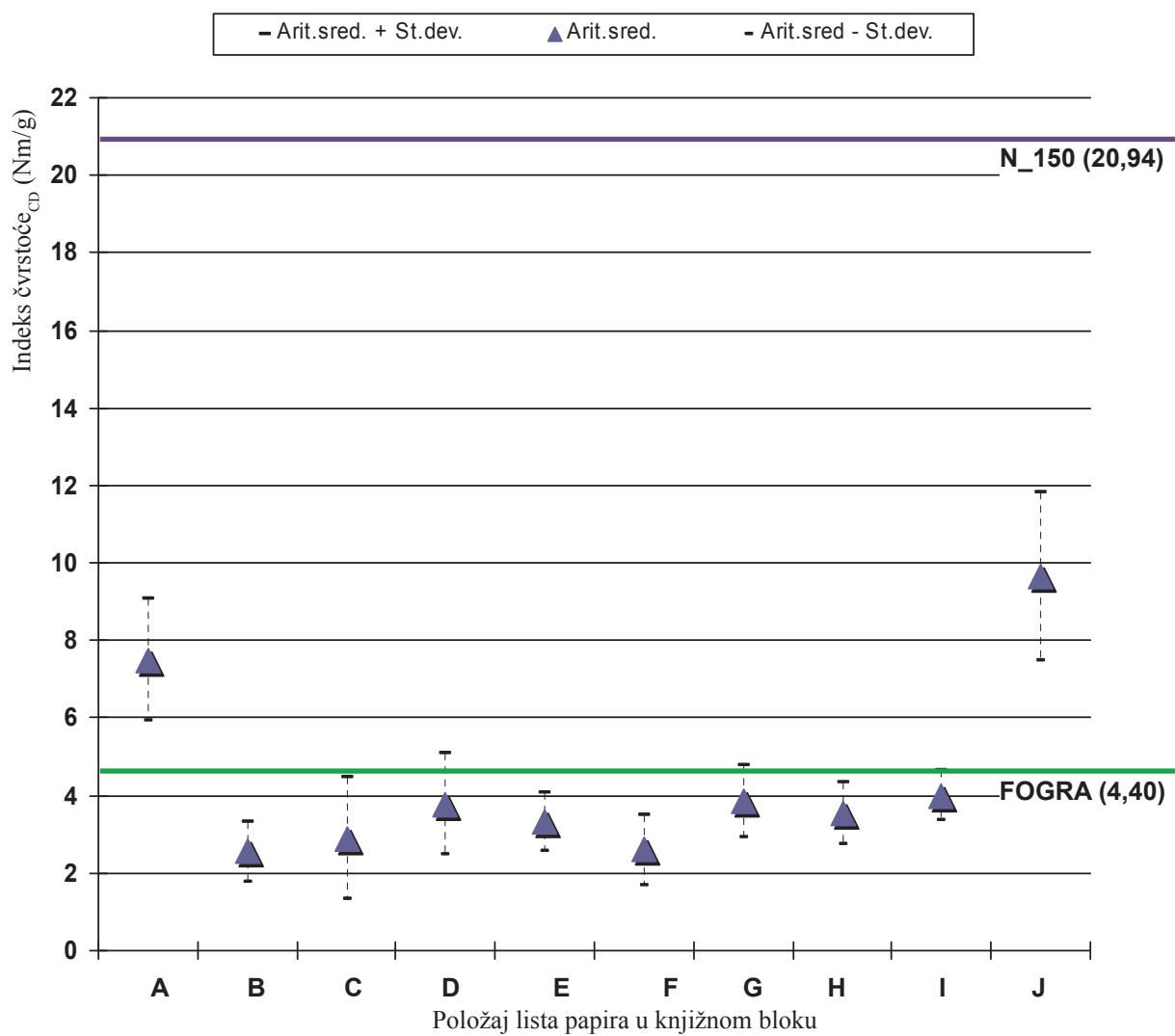
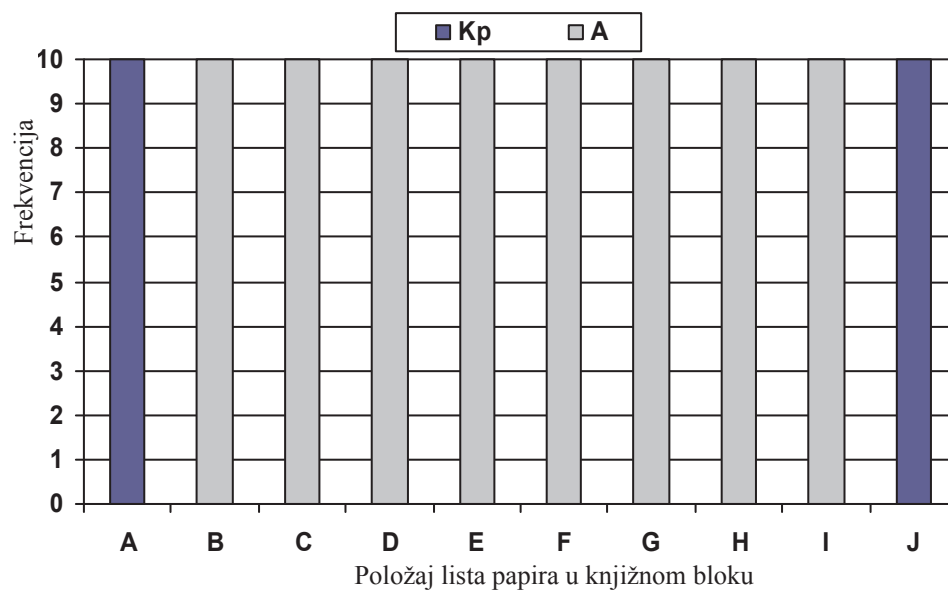
A (popuštanje adhezijskog spoja na međupovršini)

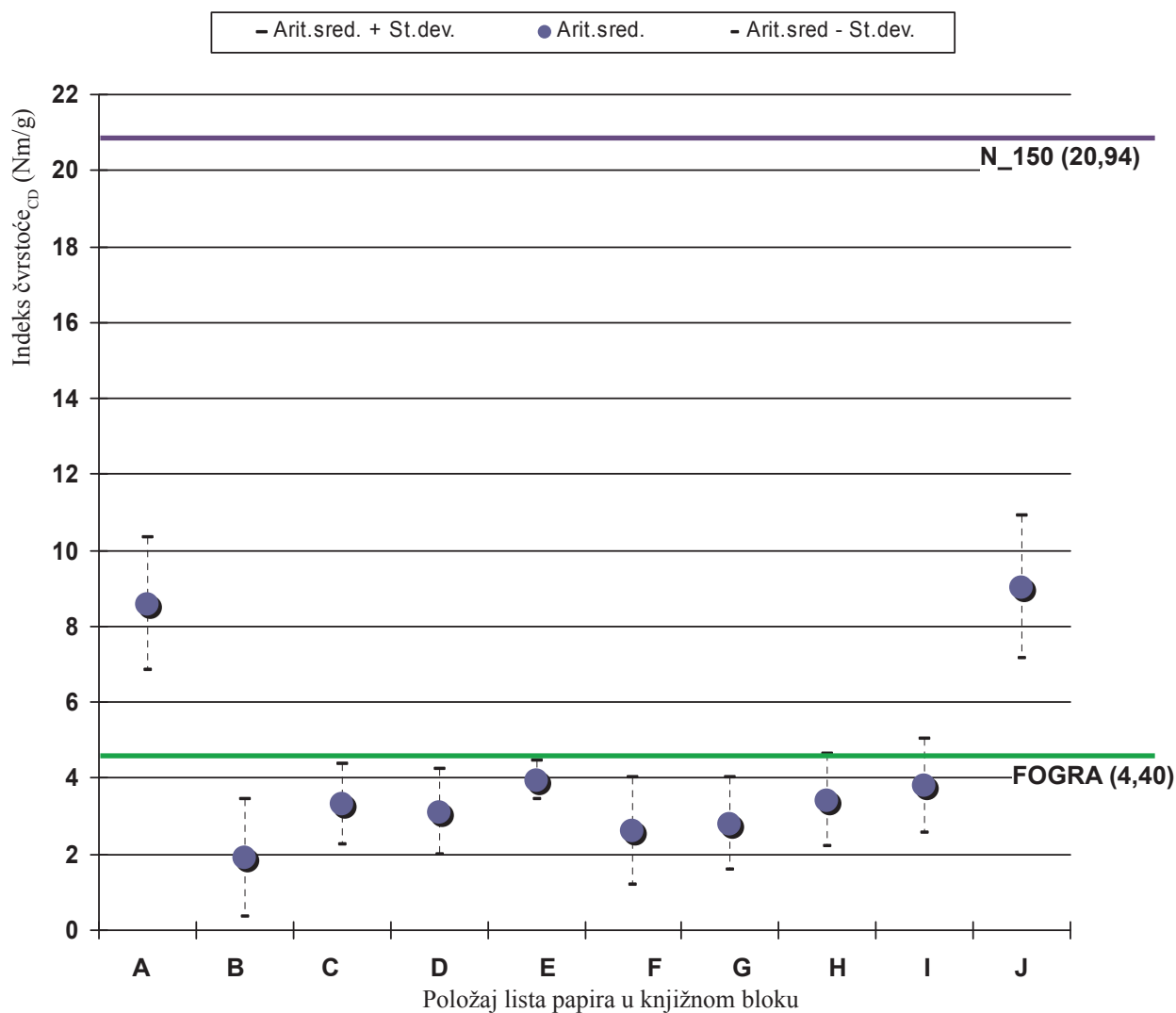
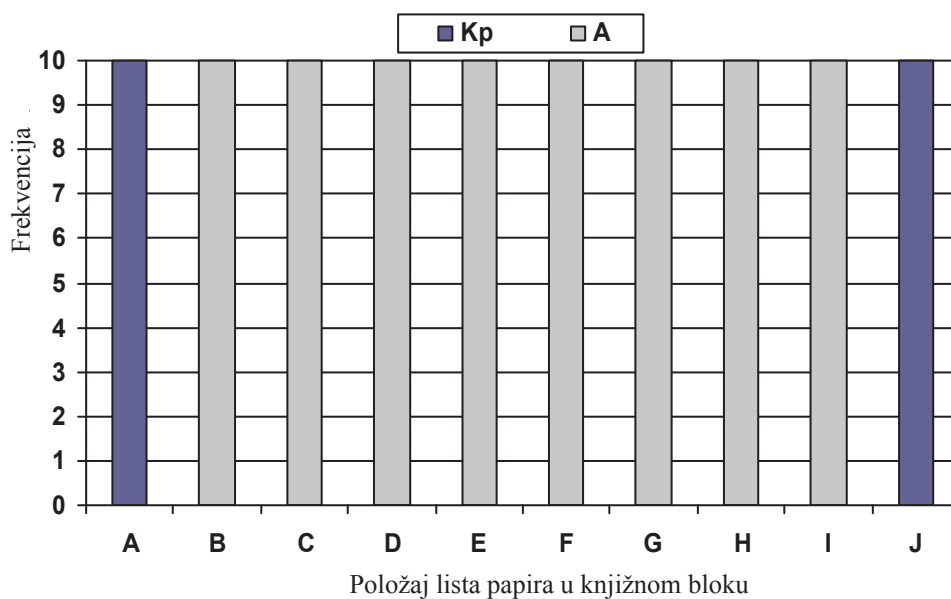
Histogram 54. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb<sub>1</sub>Histogram 55. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb<sub>j</sub>

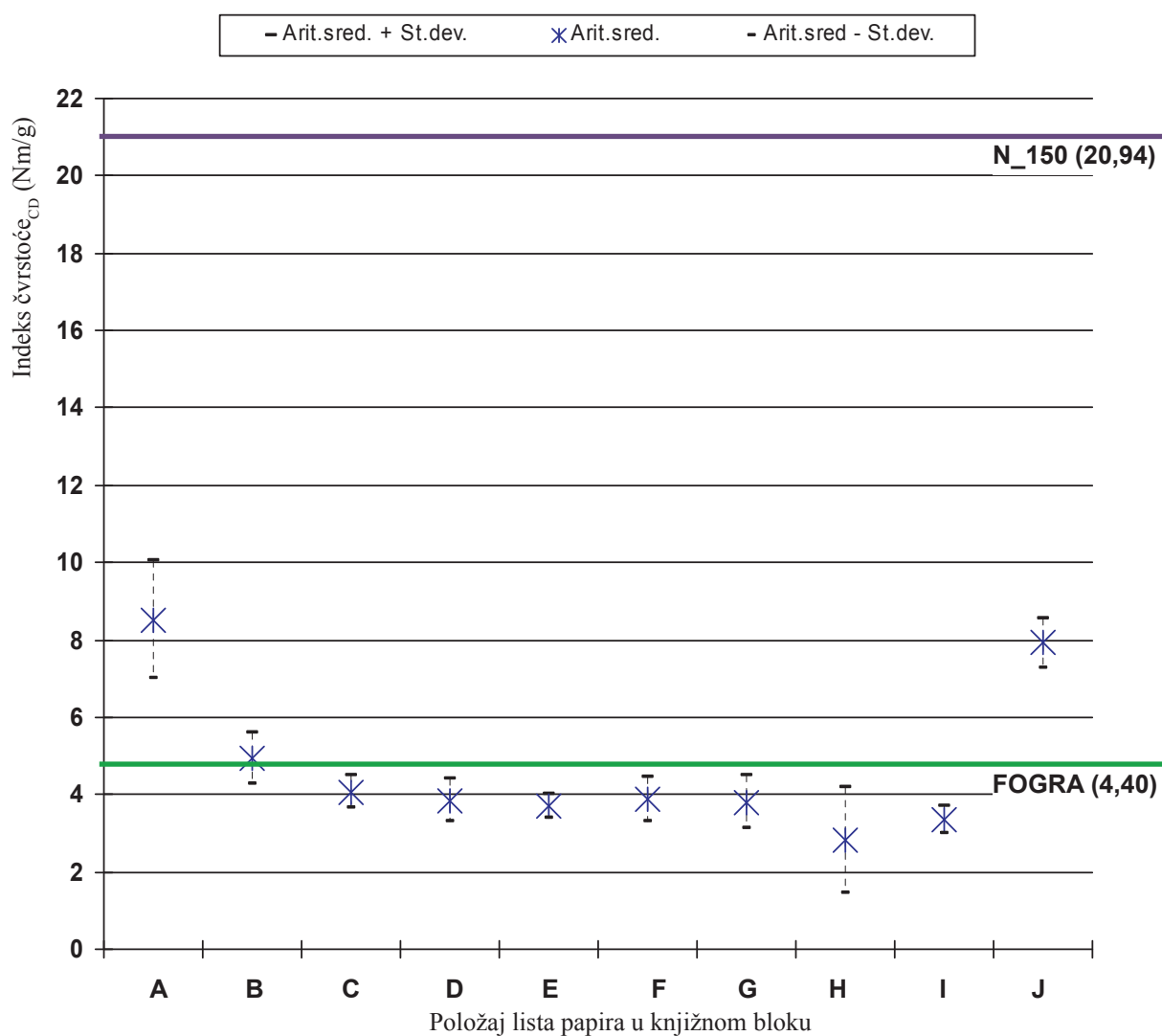
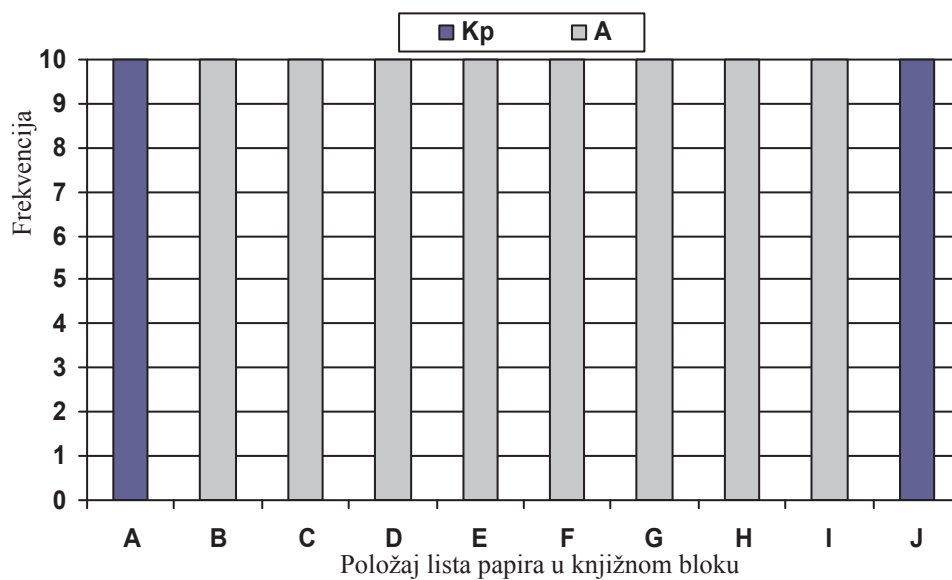
Histogram 56. Kumulativ učestalosti popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb



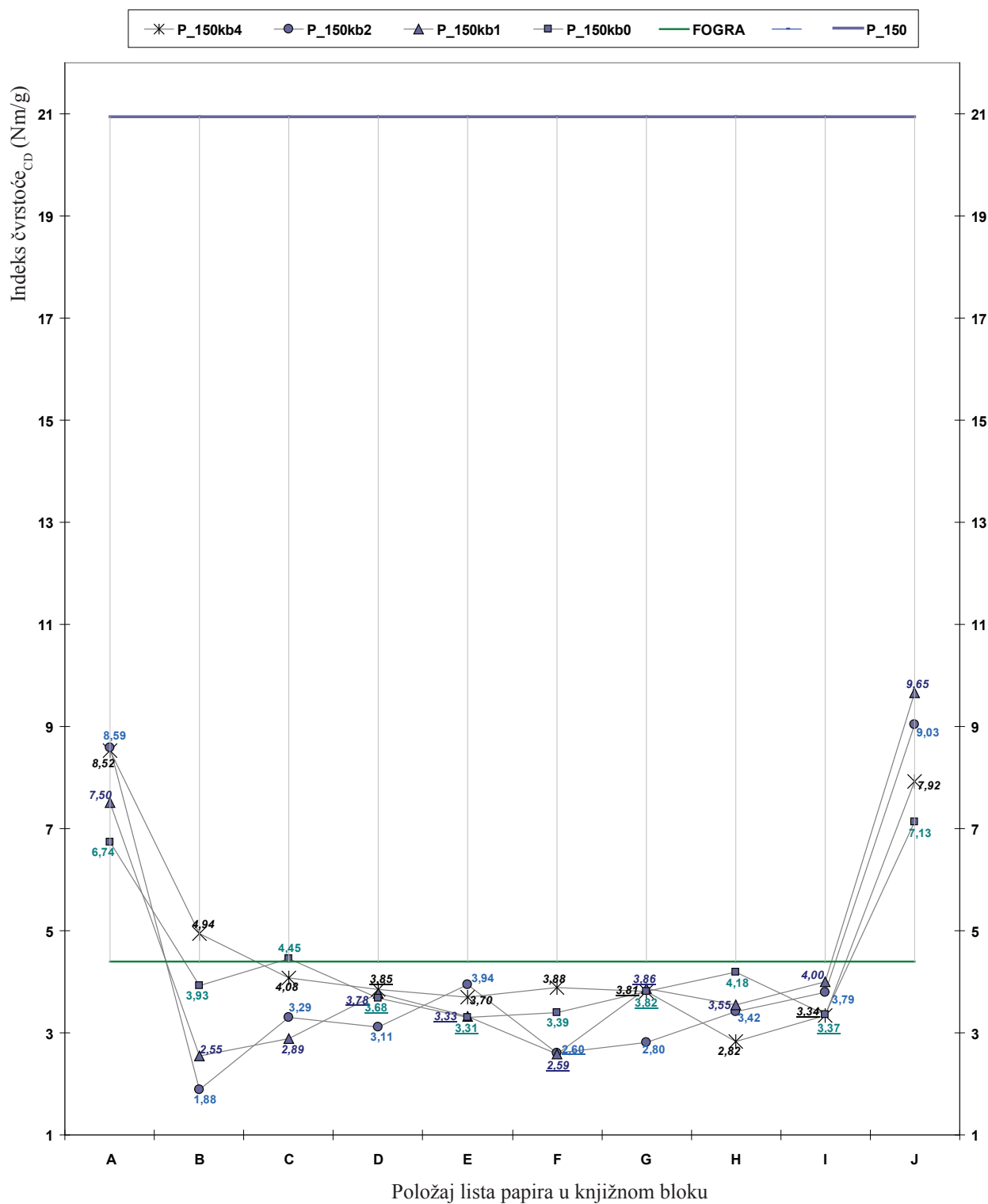
Grafikon 20. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za P\_150kb<sub>0</sub>Histogram 57. Učestalost popuštanja spoja za P\_150kb<sub>0</sub>

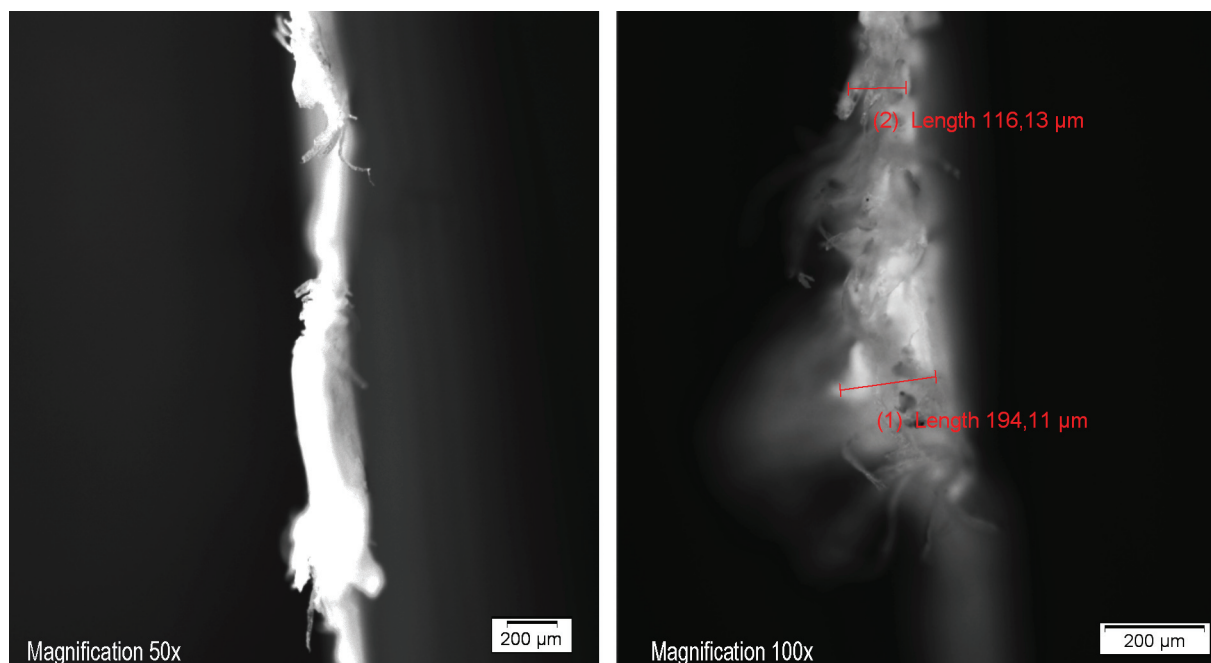
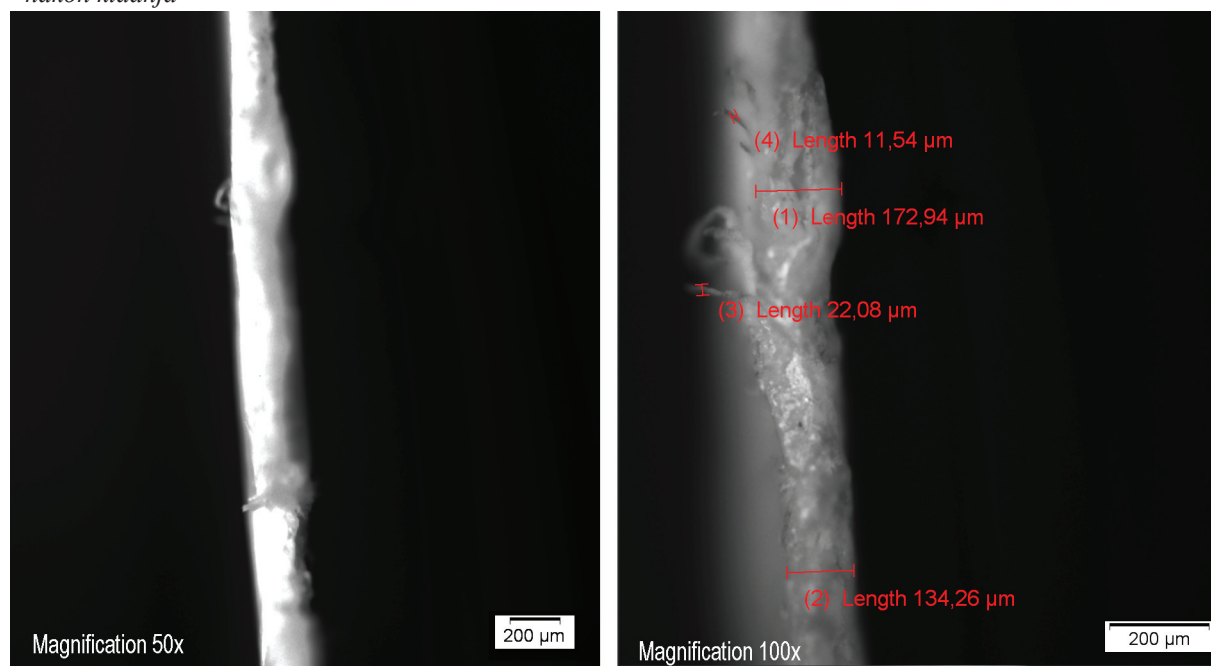
Grafikon 21. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za P\_150kb<sub>1</sub>Histogram 58. Učestalost popuštanja spoja za N\_150kb<sub>1</sub>

Grafikon 22. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za P\_150kb<sub>2</sub>Histogram 59. Učestalost popuštanja spoja za P\_150kb<sub>2</sub>

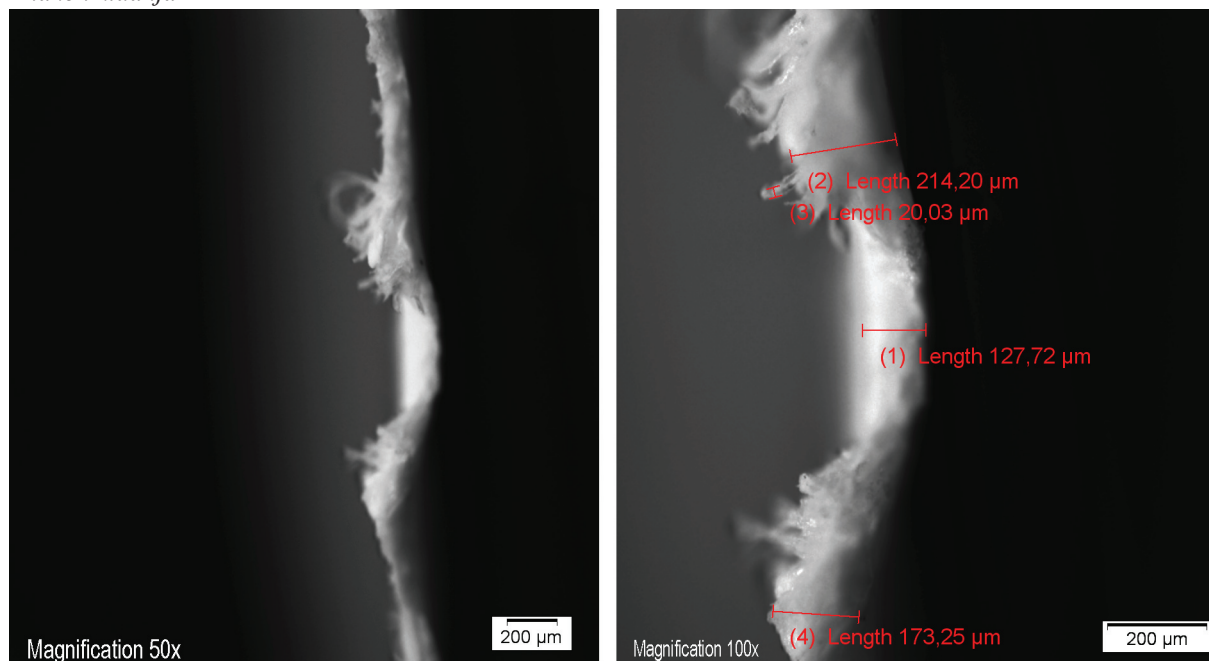
Grafikon 23. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za P\_150kb<sub>4</sub>Histogram 60. Učestalost popuštanja spoja za P\_150kb<sub>4</sub>

Grafikon 24. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za P\_150kb



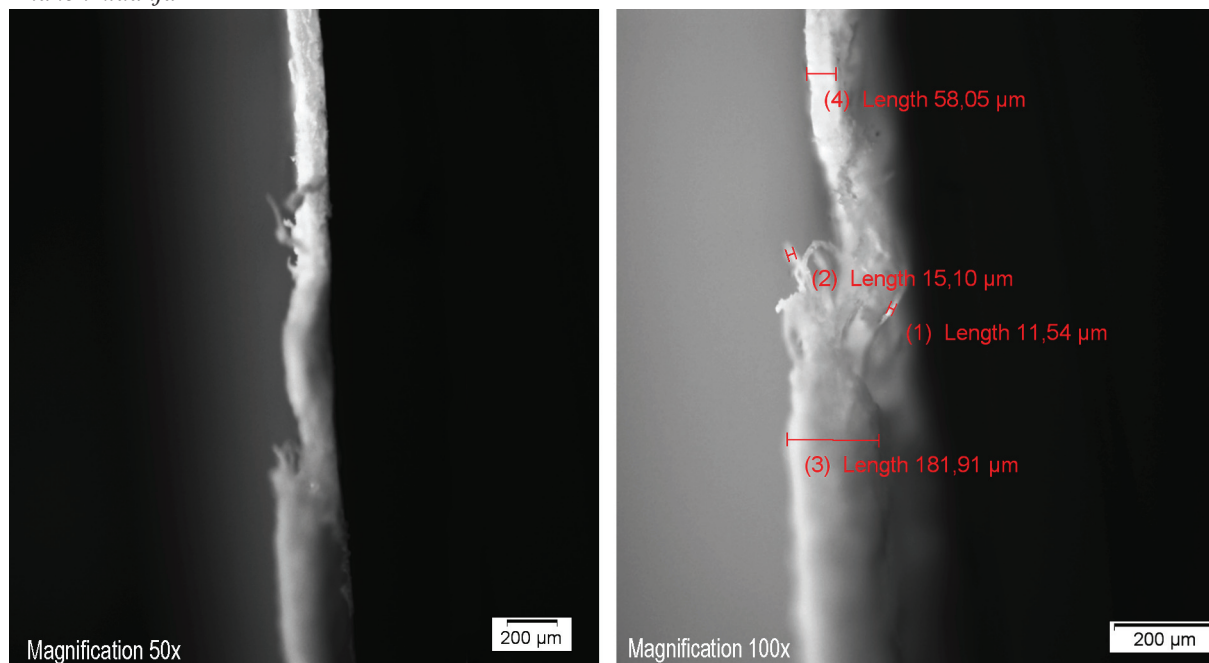
Slika 85. Optičke snimke uzorka P\_150kb<sub>x</sub> (povećanje 50x, 100x)*- nakon kidanja*Slika 86. Optičke snimke uzorka P\_150kb<sub>B0</sub> (povećanje 50x, 100x)

- nakon kidanja



Slika 87. Optičke snimke uzorka P\_150kb<sub>II</sub> (povećanje 50x, 100x)

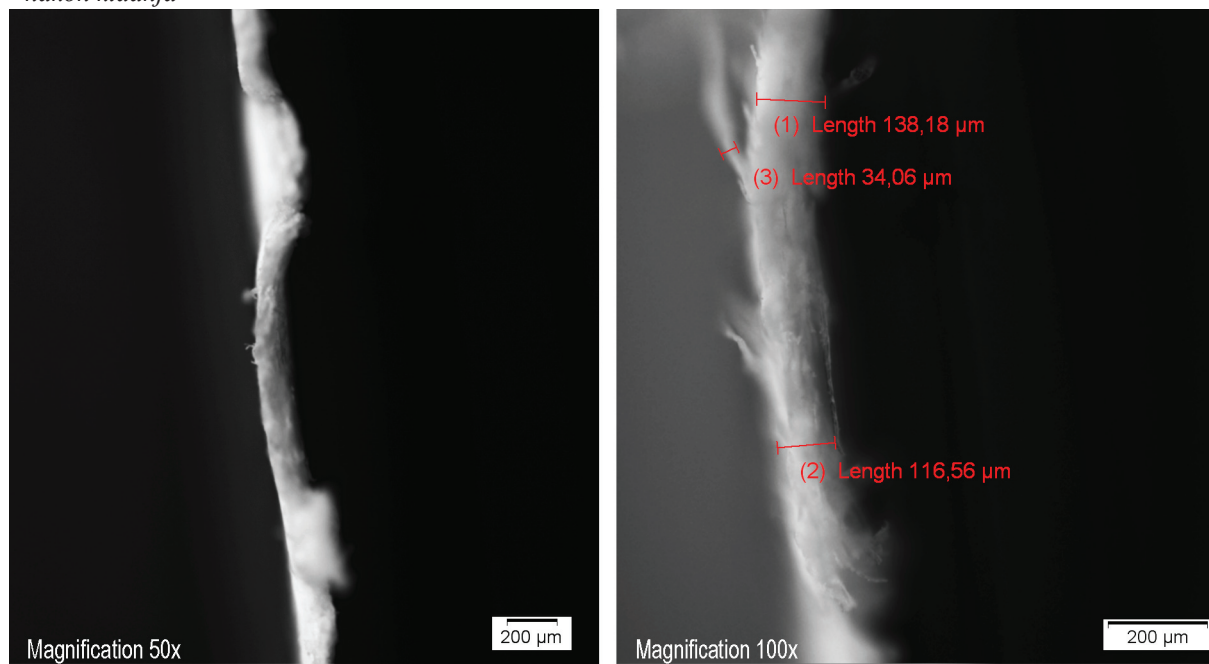
- nakon kidanja



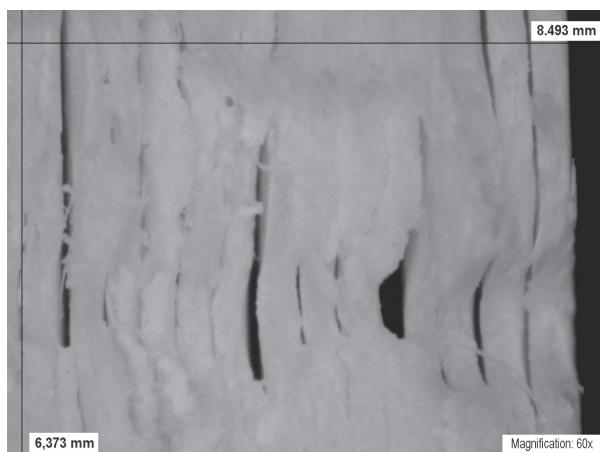
Slika 88. Optičke snimke uzorka P\_150kb<sub>c2</sub> (povećanje 50x, 100x)



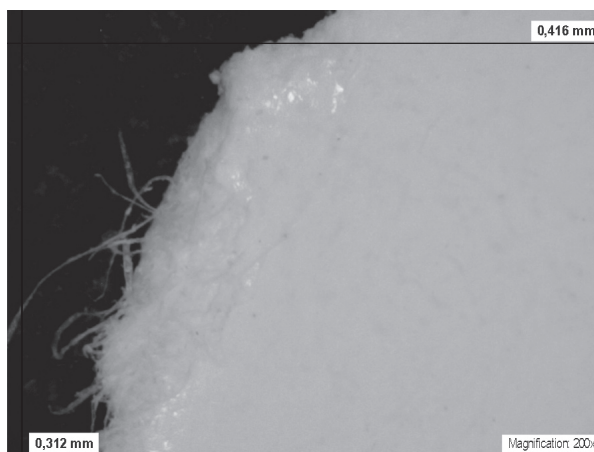
- nakon kidanja



Slika 89. Optičke snimke uzorka P\_150kb<sub>B4</sub> (povećanje 50x, 100x)

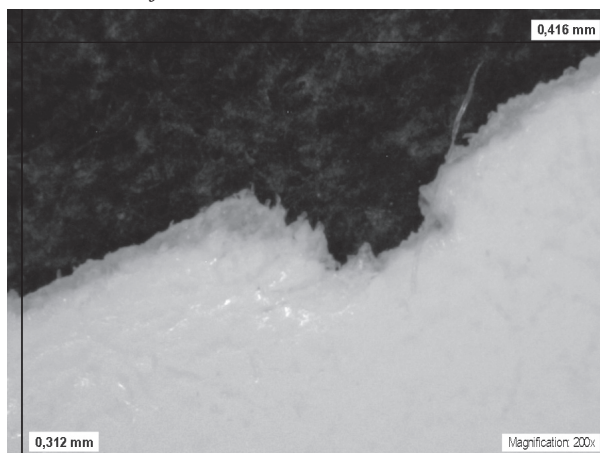


Slika 90. Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>x</sub> - poprečni presjek (povećanje 60x)

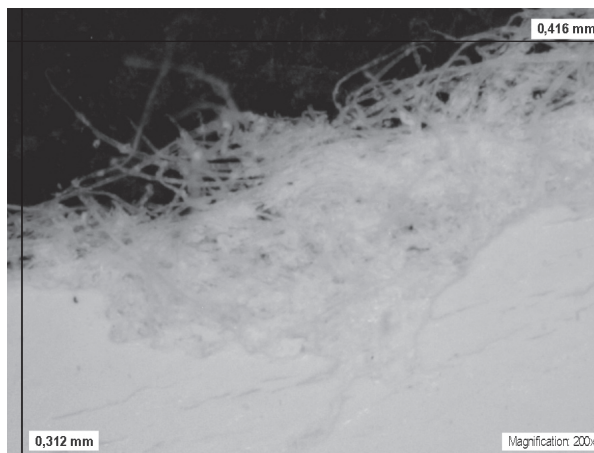


Slika 91. Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>x</sub> (povećanje 200x)

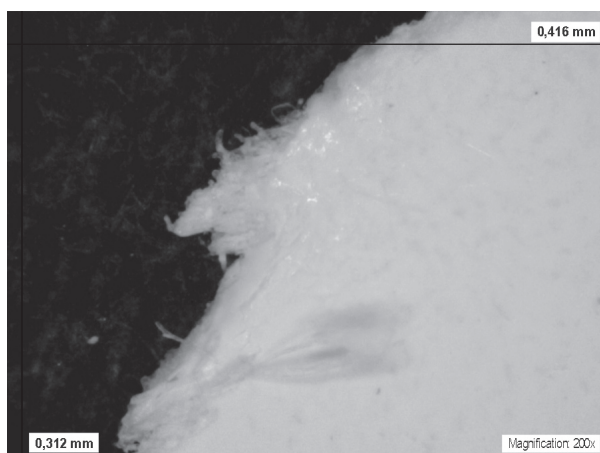
- nakon kidanja



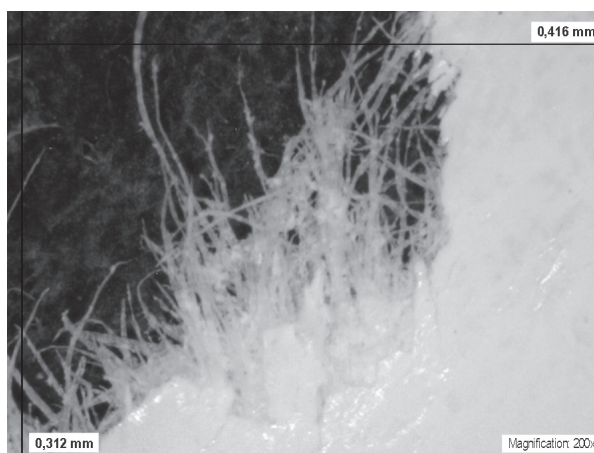
Slika 92. Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>B0</sub> (povećanje 200x)



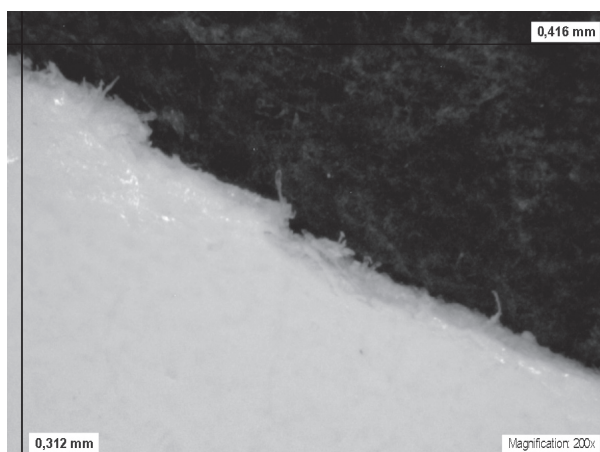
Slika 93. Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>J0</sub> (povećanje 200x)



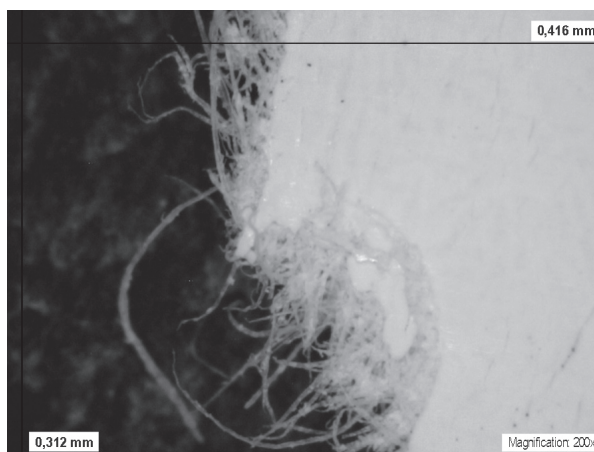
Slika 94. Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>II</sub> (povećanje 200x)



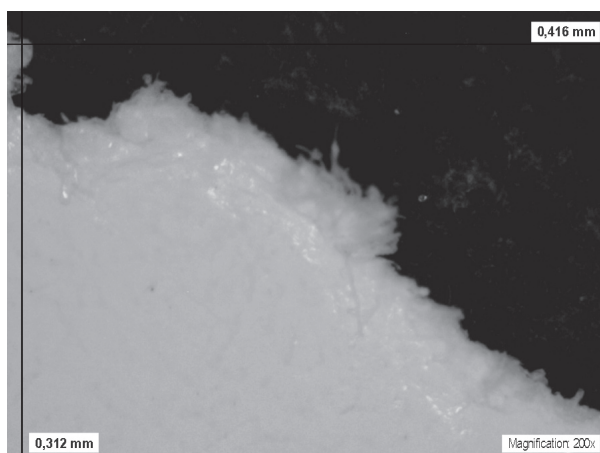
Slika 95. Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>JI</sub> (povećanje 200x)



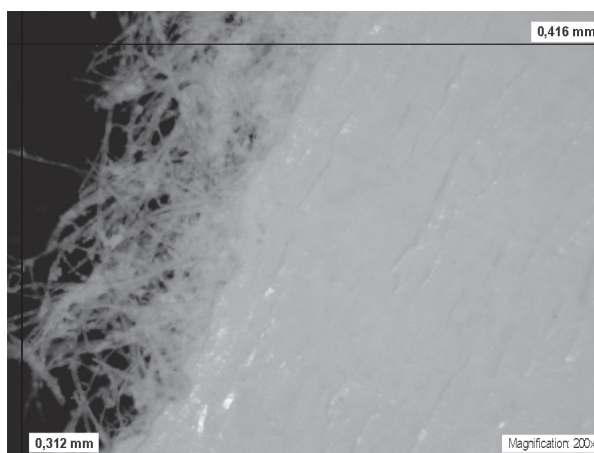
Slika 96. Digitalna snimka uzorka  
P\_150kb<sub>c2</sub> (povećanje 200x)



Slika 97. Digitalna snimka uzorka  
P\_150kb<sub>j2</sub> (povećanje 200x)



Slika 98. Digitalna snimka uzorka  
P\_150kb<sub>B4</sub> (povećanje 200x)

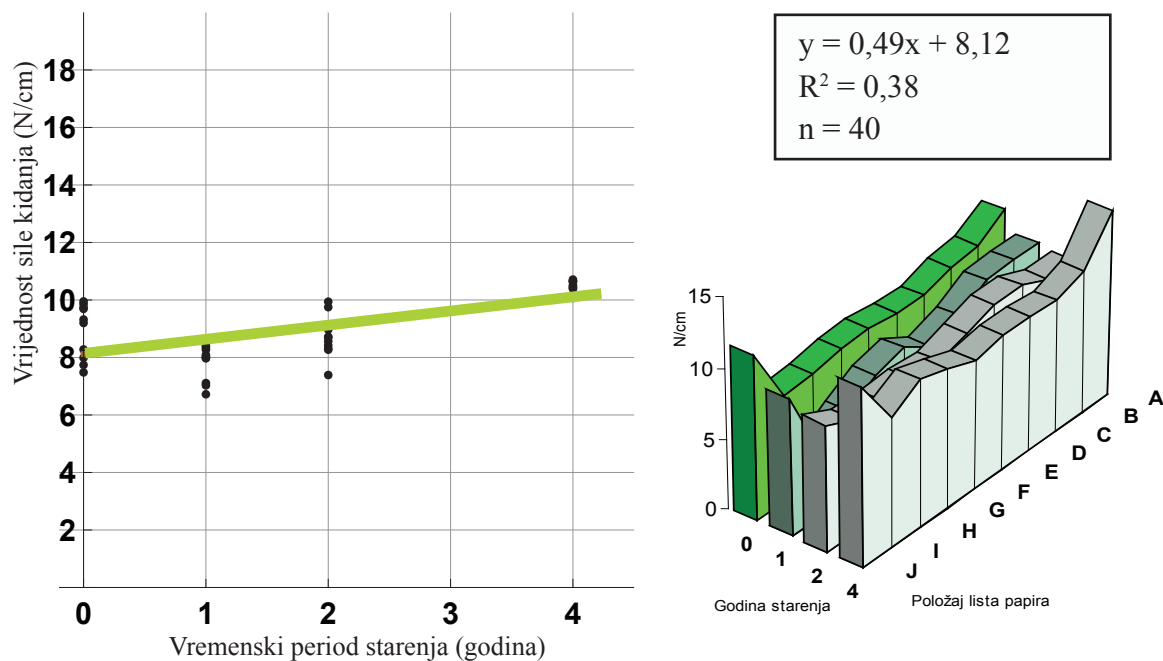


Slika 99. Digitalna snimka uzorka  
P\_150kb<sub>j4</sub> (povećanje 200x)

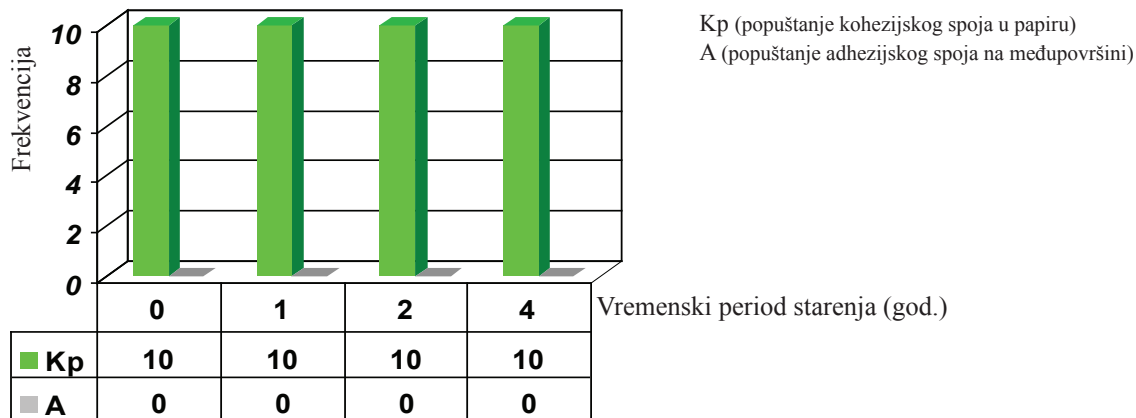
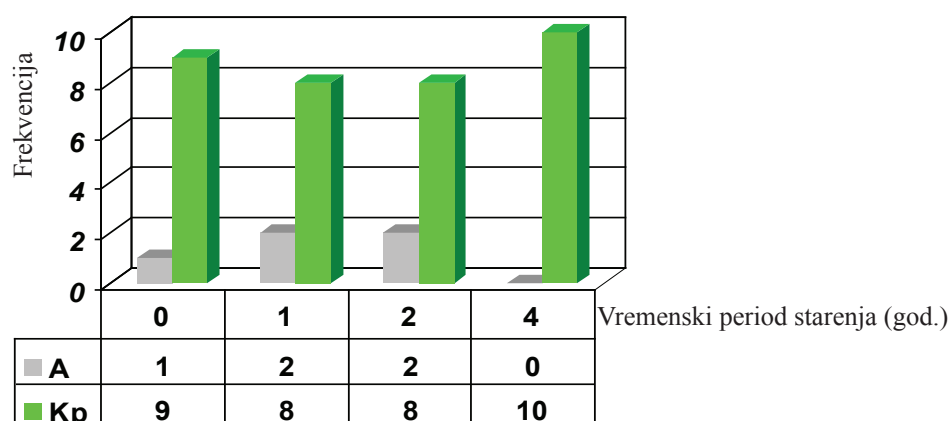
**4.5. MJERENJA I MIKROSKOPSKA ANALIZA PROMJENE ČVRSTOĆE  
SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE ZA PAPIR V\_80**



Grafikon 25. Zavisnost čvrstoće o starenju za V\_80kb

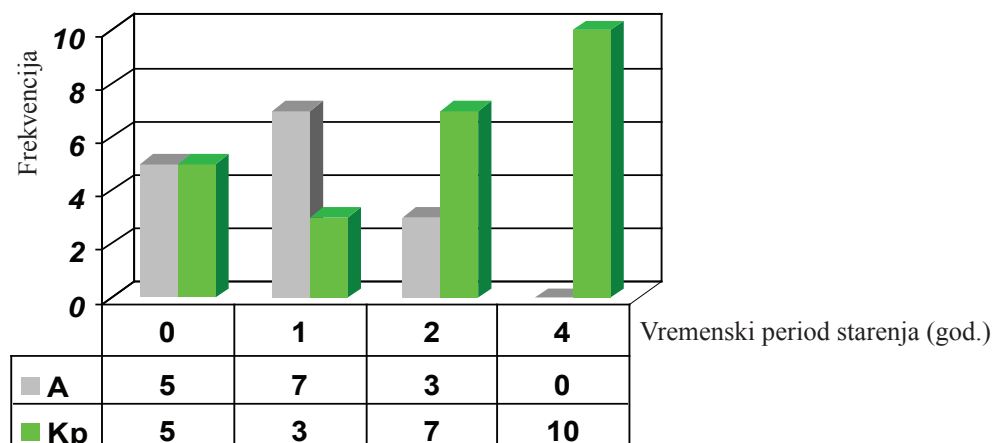
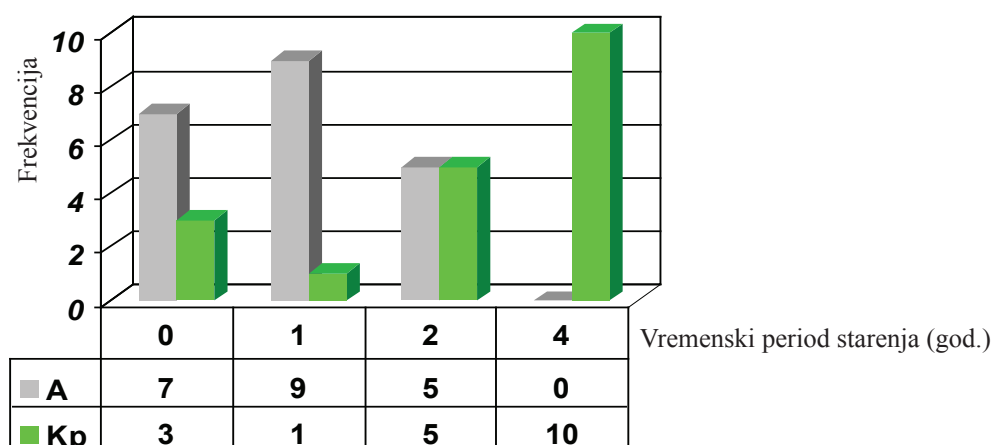
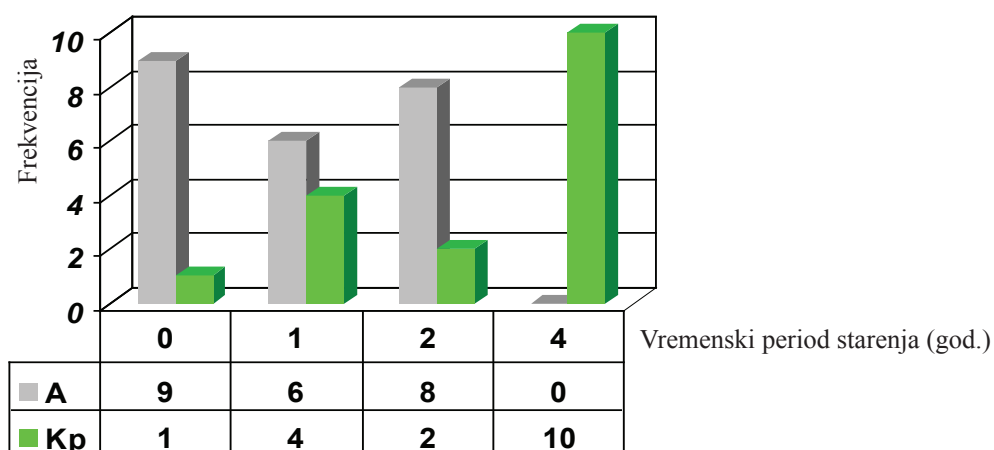


## Rezultati vizualne procjene ovisno o starenju

Histogram 61. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb<sub>A</sub>Histogram 62. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb<sub>B</sub>

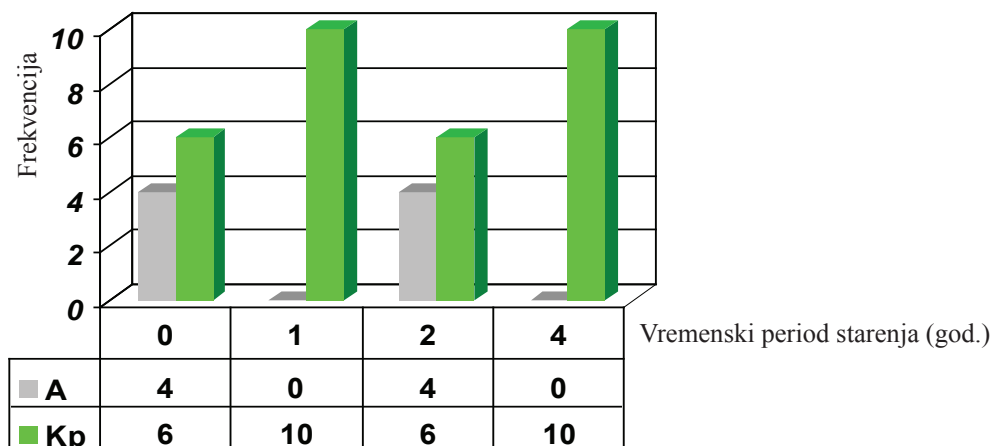
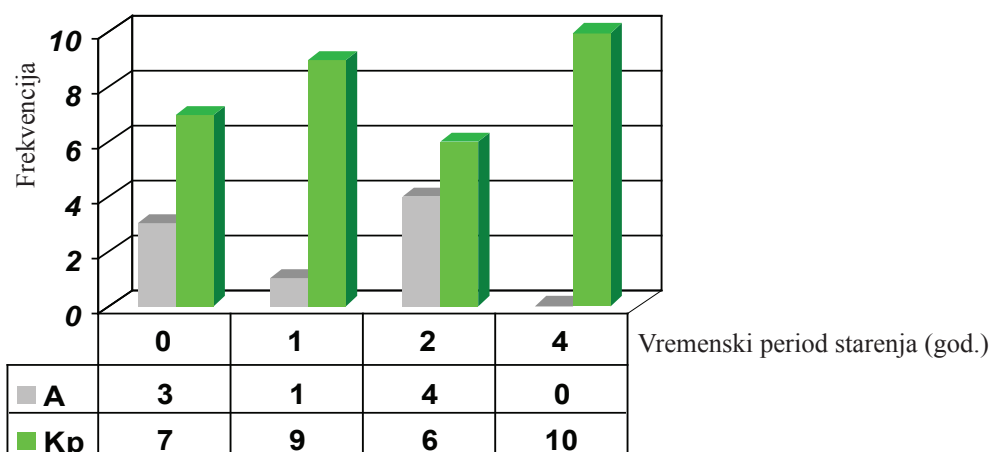
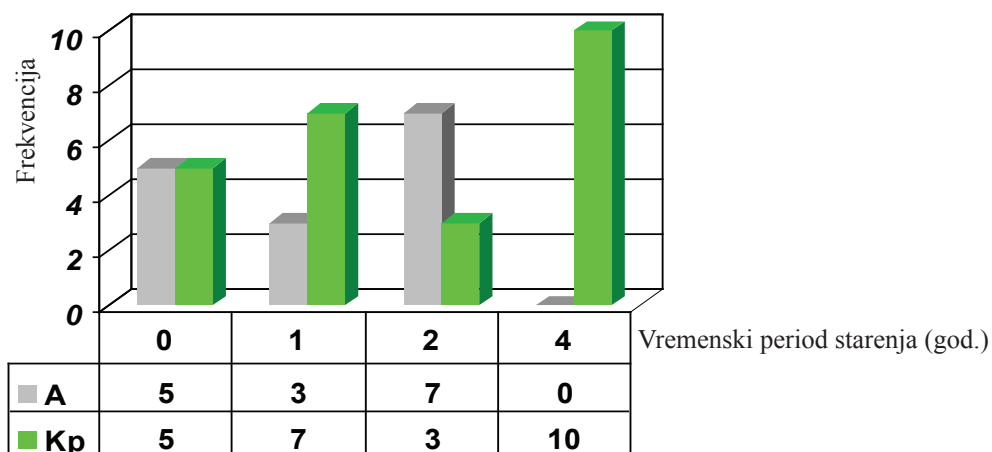
Kp (popuštanje kohezijskog spoja u papiru)

A (popuštanje adhezijskog spoja na međupovršini)

Histogram 63. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb<sub>C</sub>Histogram 64. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb<sub>D</sub>Histogram 65. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb<sub>E</sub>

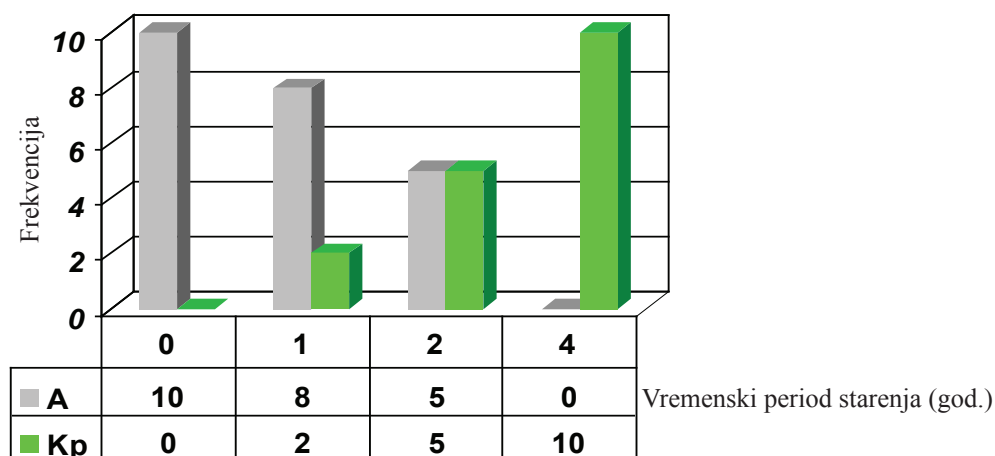
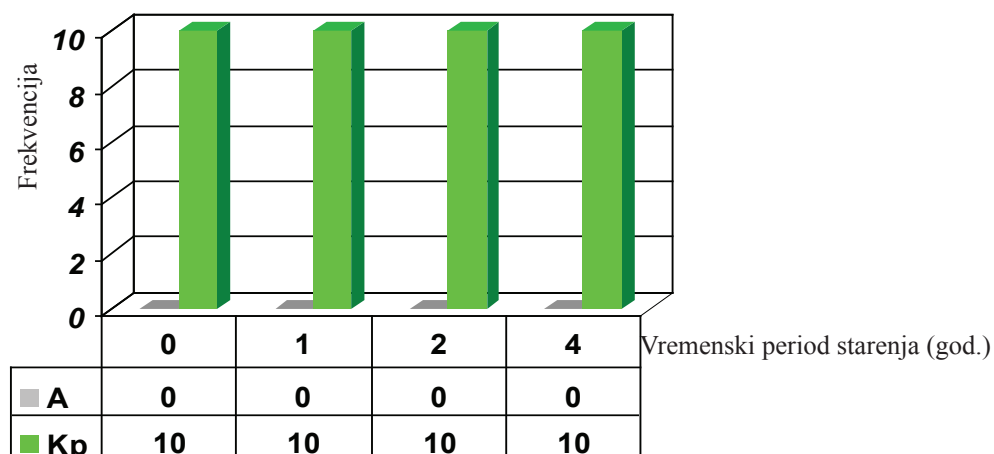
Kp (popuštanje kohezijskog spoja u papiru)

A (popuštanje adhezijskog spoja na međupovršini)

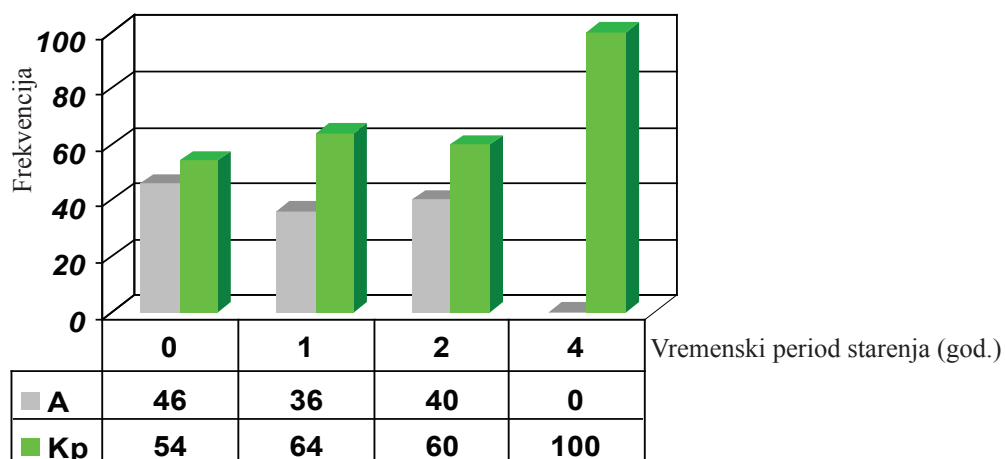
Histogram 66. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb<sub>F</sub>Histogram 67. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb<sub>G</sub>Histogram 68. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb<sub>H</sub>

Kp (popuštanje kohezijskog spoja u papiru)

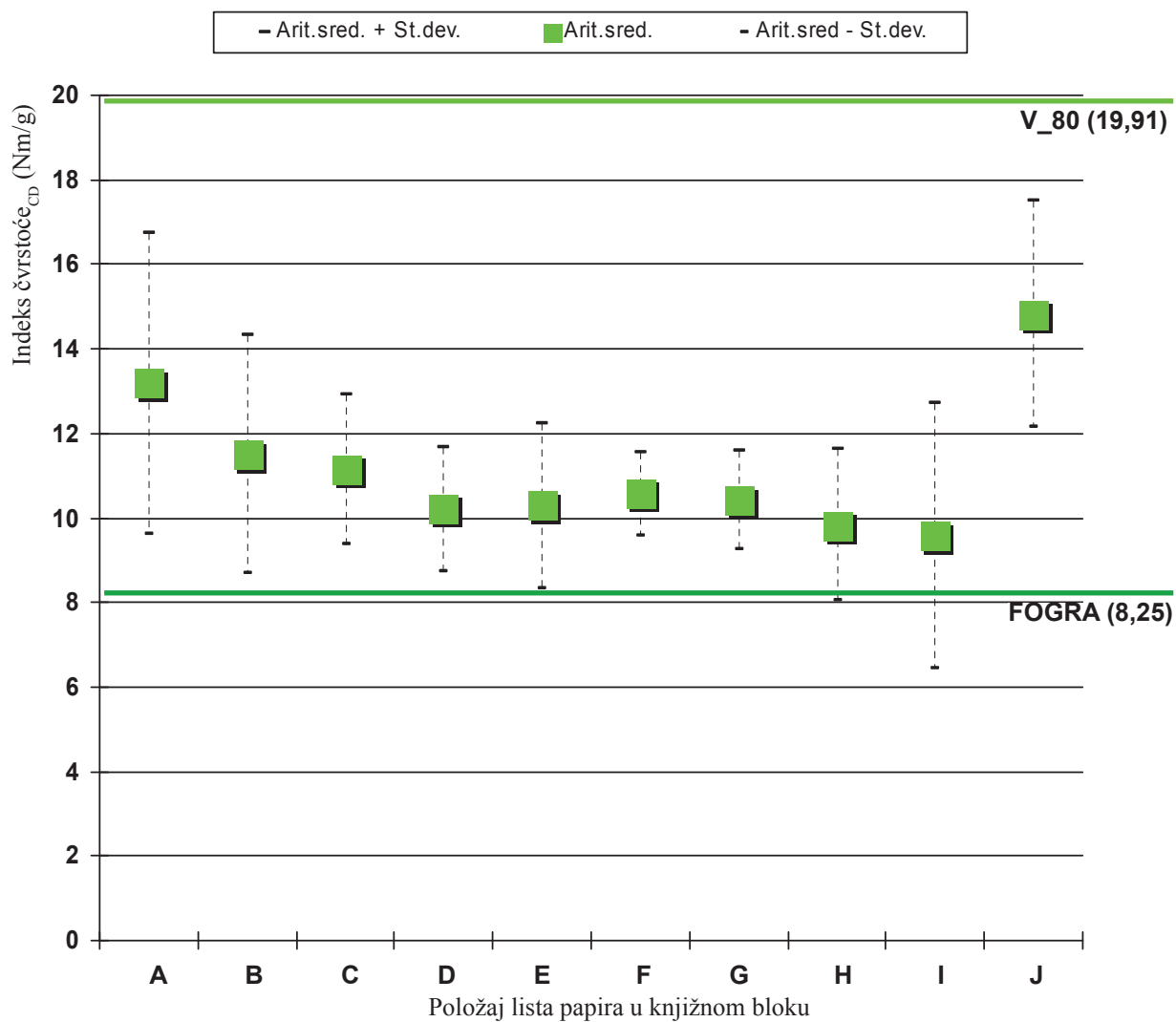
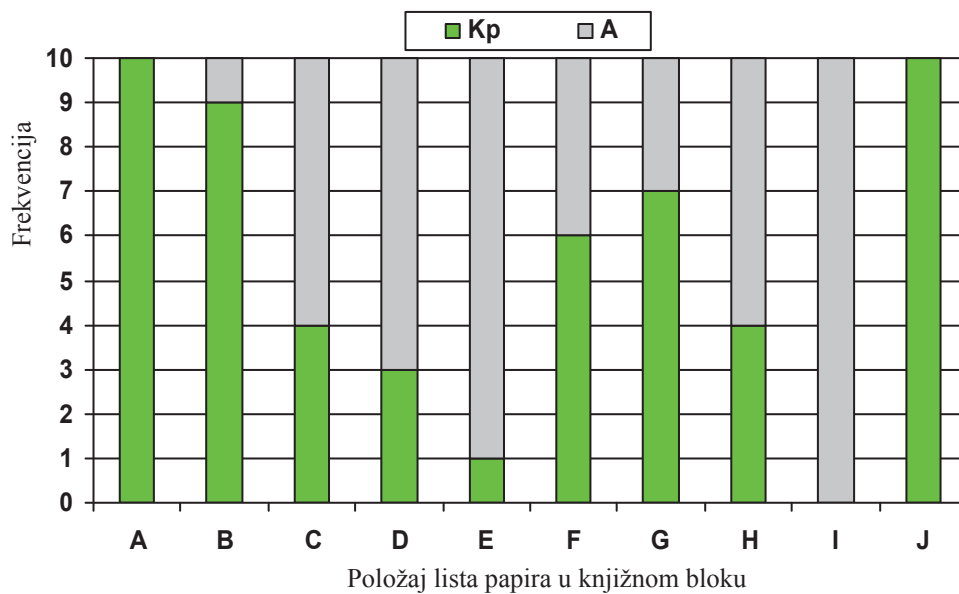
A (popuštanje adhezijskog spoja na međupovršini)

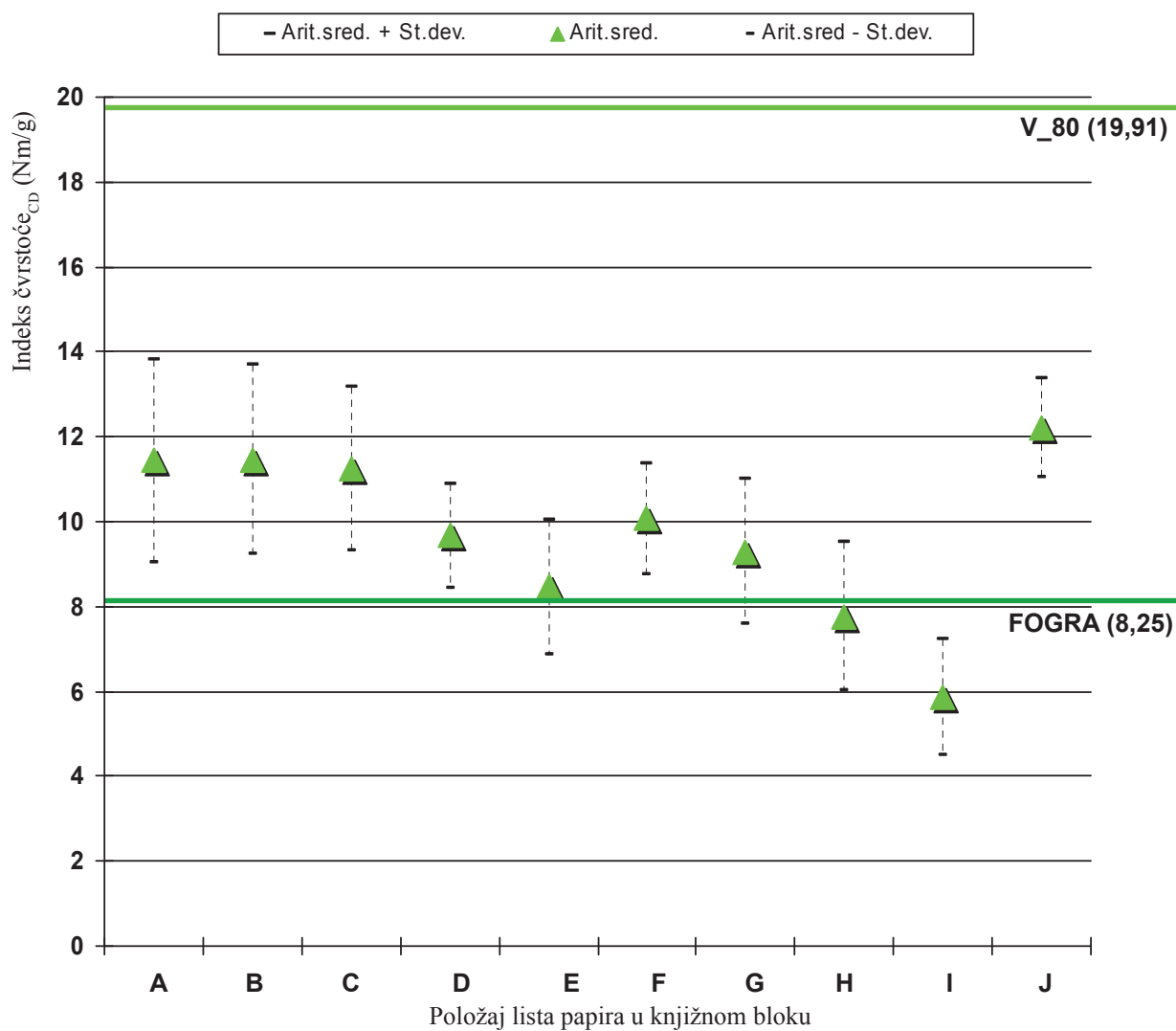
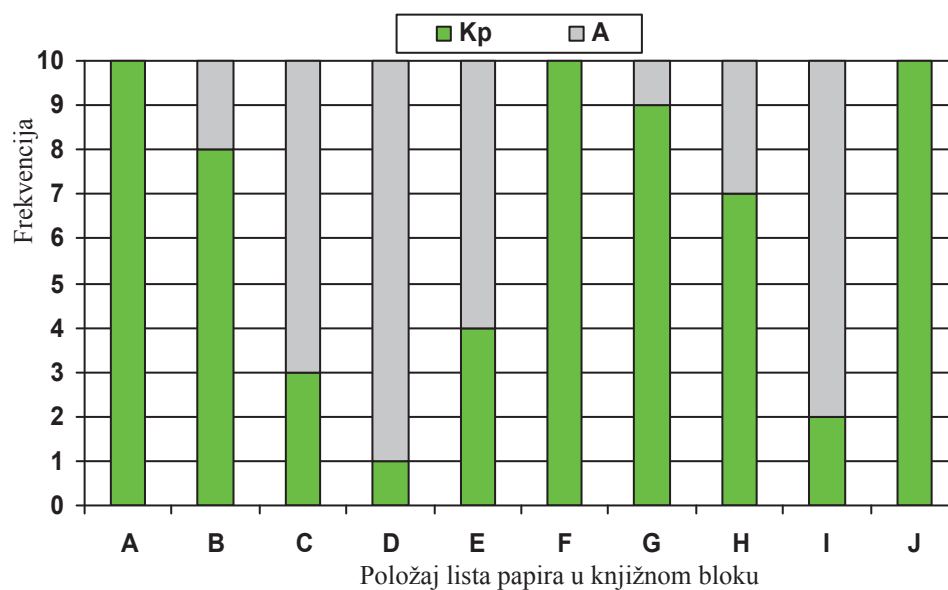
Histogram 69. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb<sub>1</sub>Histogram 70. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb<sub>2</sub>

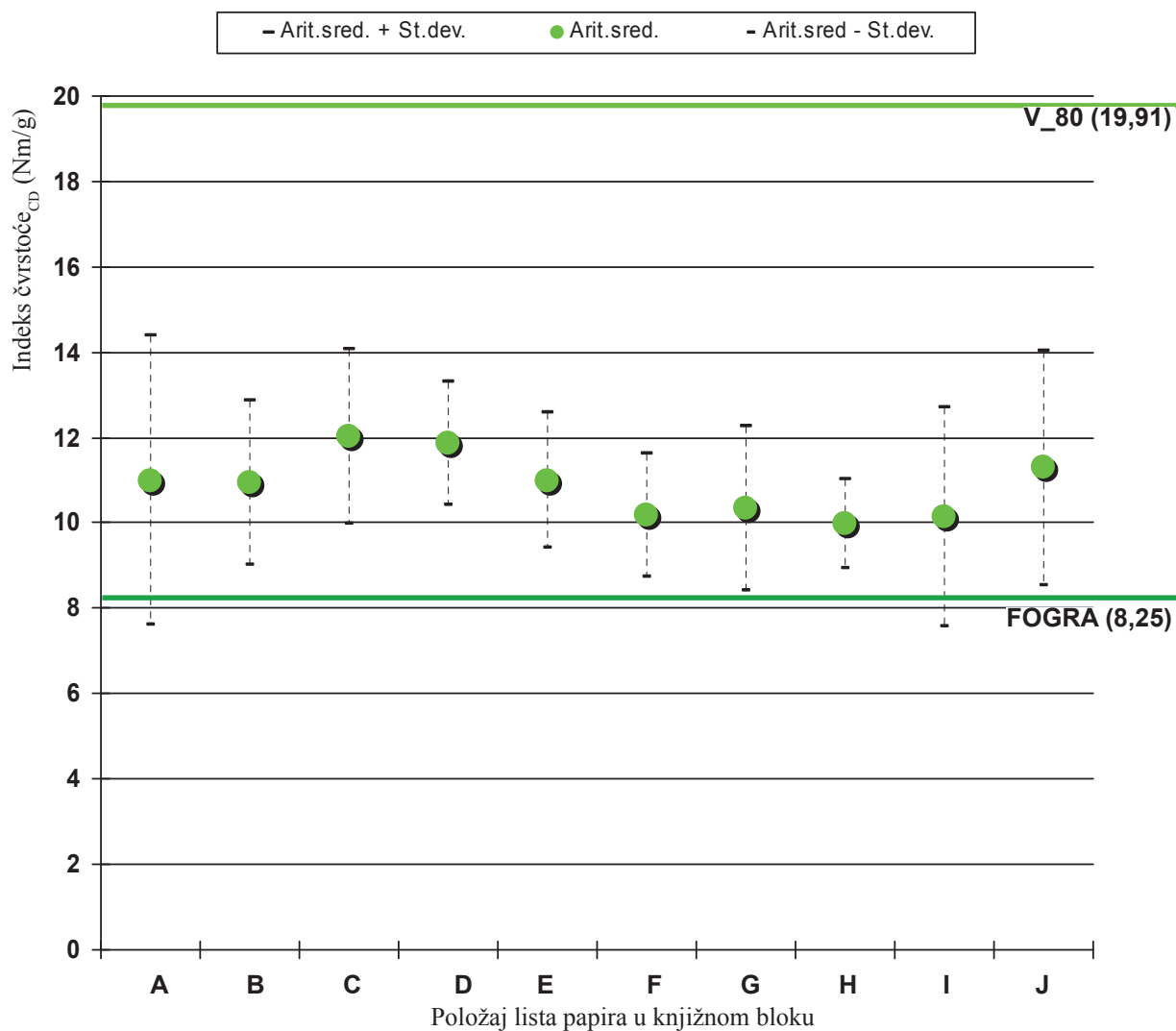
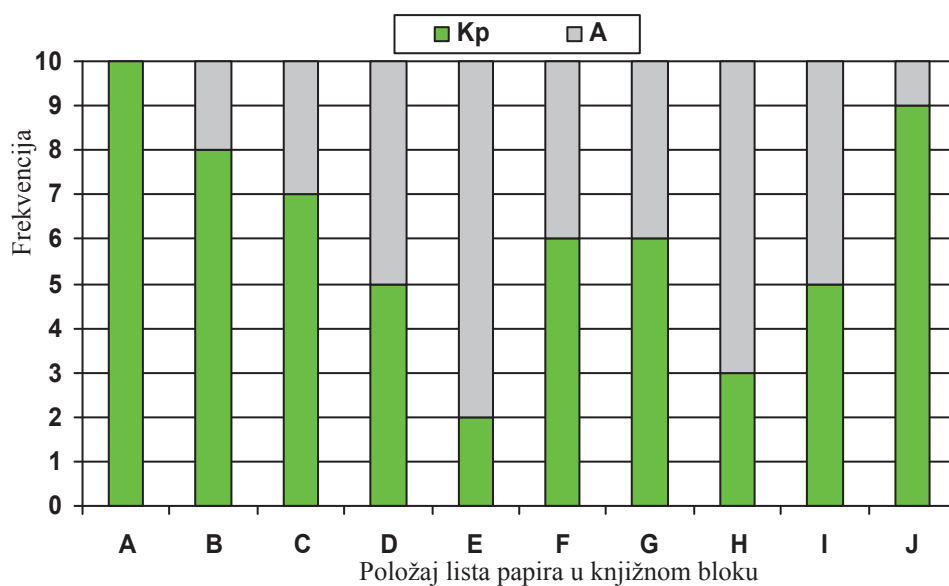
Histogram 71. Kumulativ učestalosti popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb

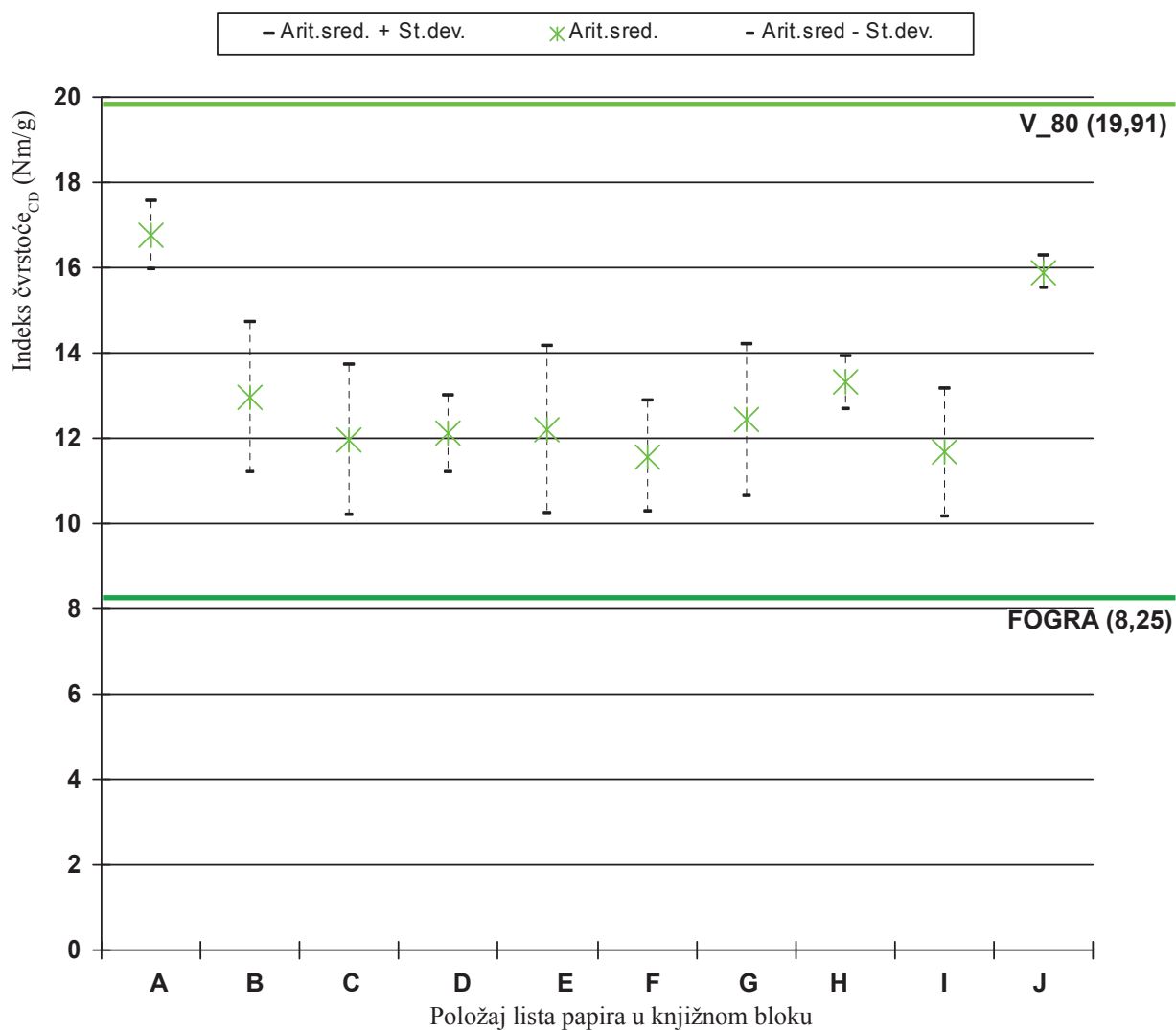
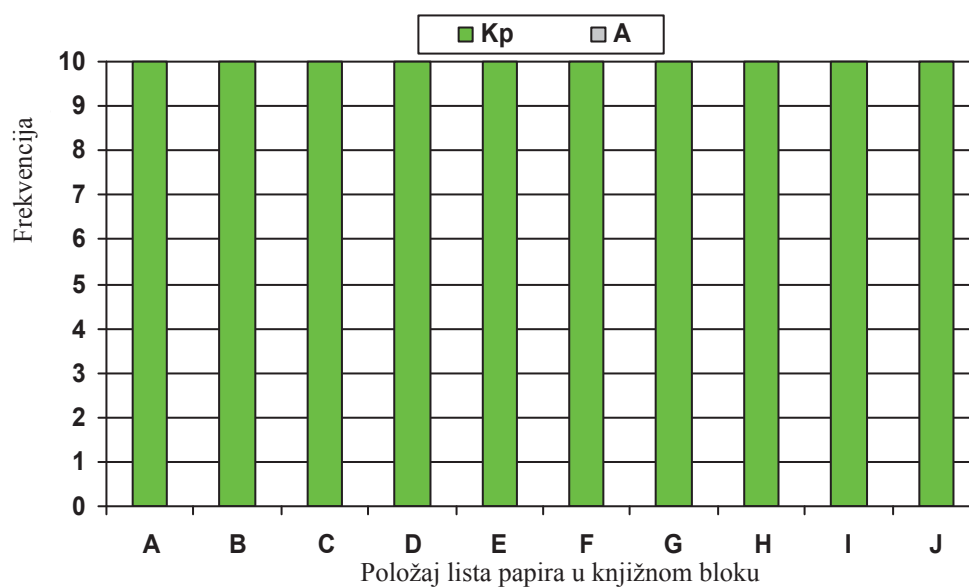




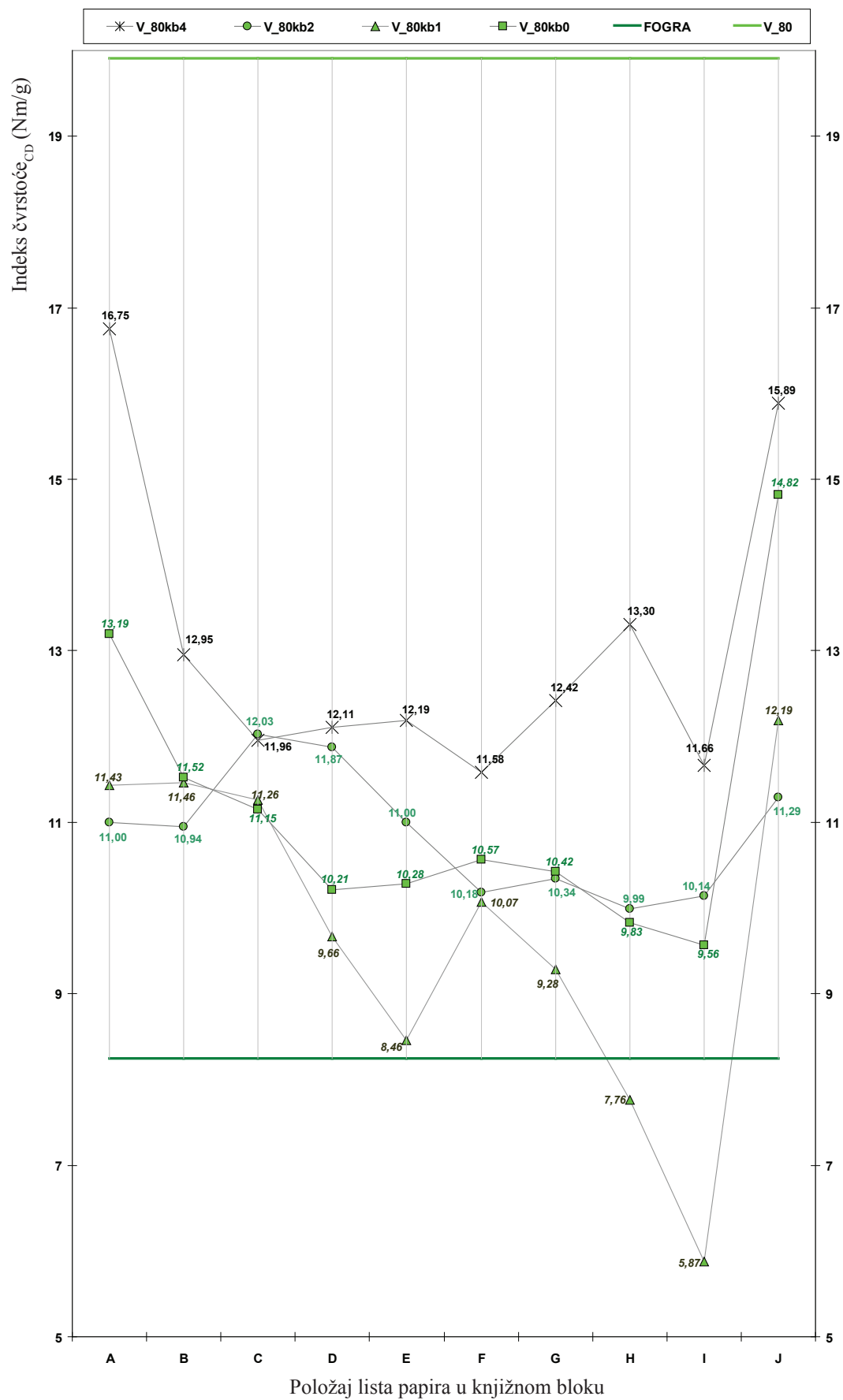
Grafikon 26. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za V\_80kb<sub>0</sub>Histogram 72. Učestalost popuštanja spoja za V\_80kb<sub>0</sub>

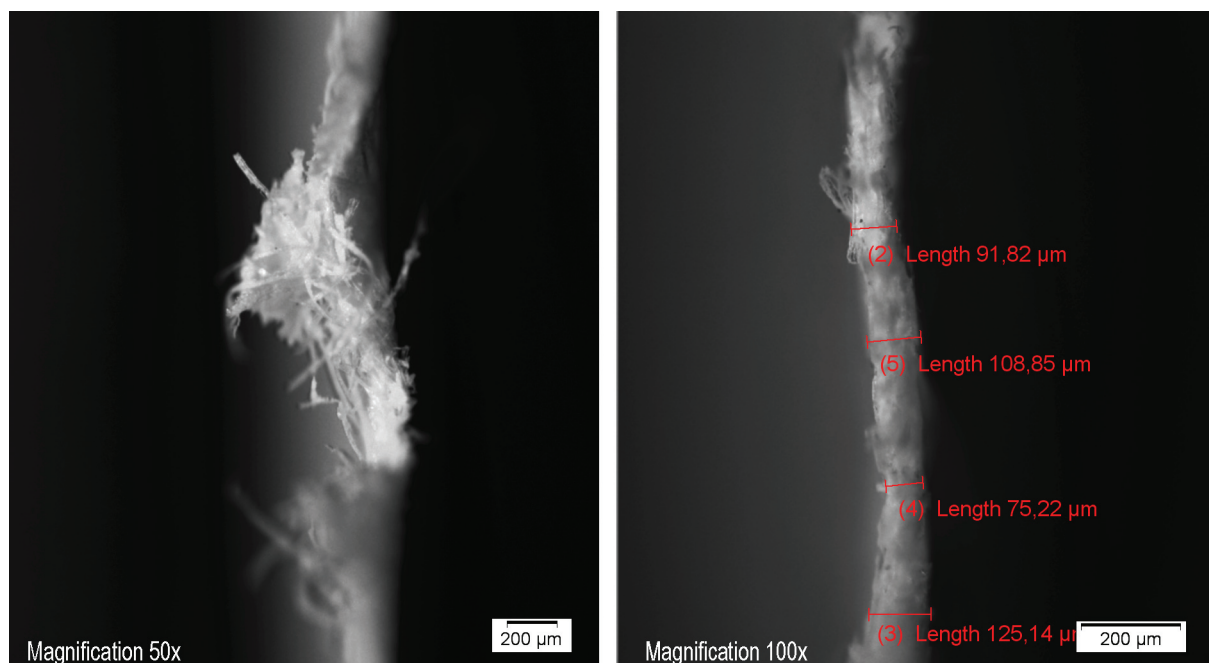
Grafikon 27. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za V\_80kb<sub>1</sub>Histogram 73. Učestalost popuštanja spoja za V\_80kb<sub>1</sub>

Grafikon 28. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za V\_80kb<sub>2</sub>Histogram 74. Učestalost popuštanja spoja za V\_80kb<sub>2</sub>

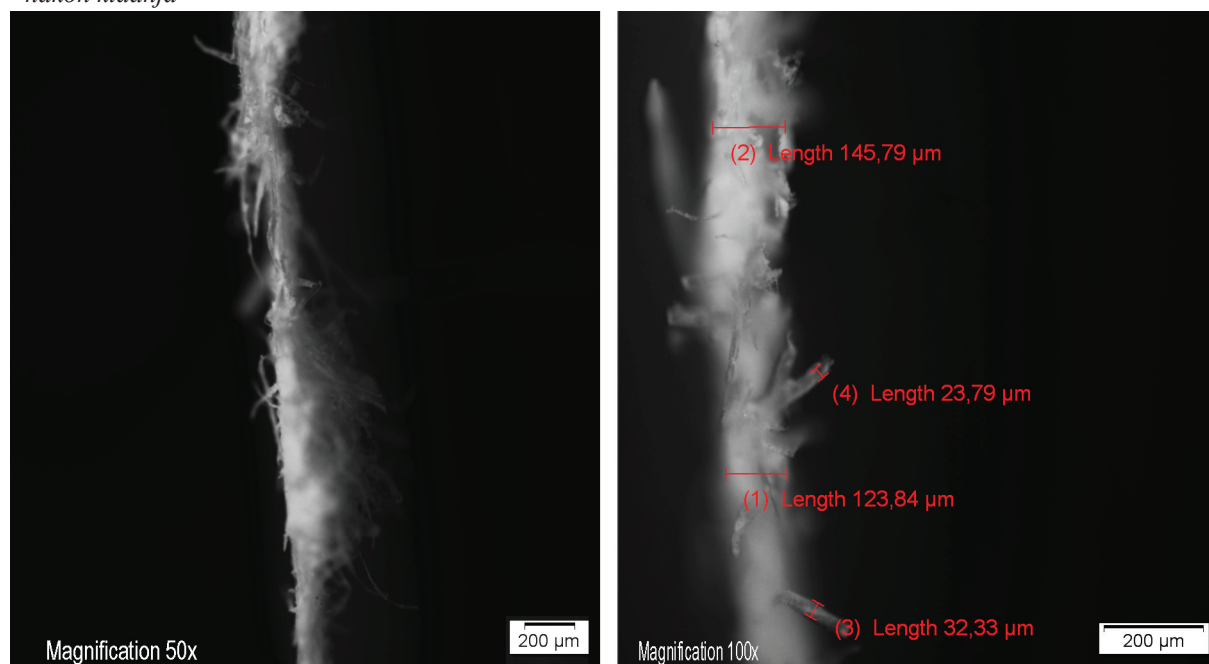
Grafikon 29. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za V\_80kb<sub>4</sub>Histogram 75. Učestalost popuštanja spoja za V\_80kb<sub>4</sub>

Grafikon 30. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za V\_80kb

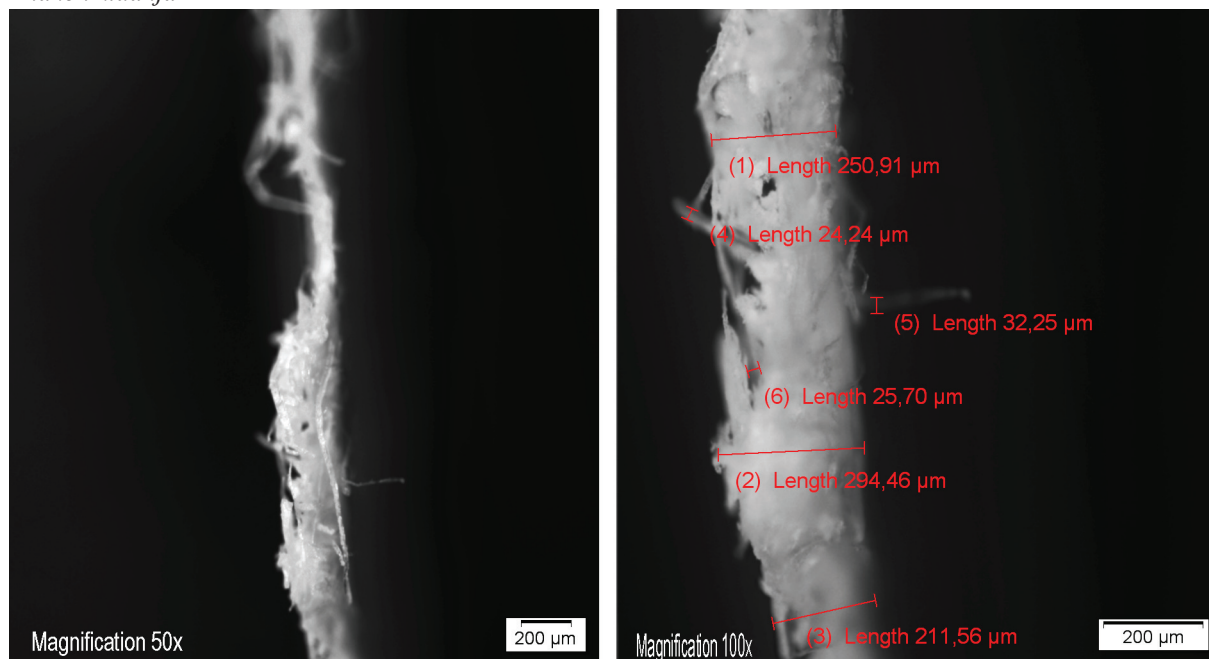


Slika 100. Optičke snimke uzorka V\_80kb<sub>x</sub> (povećanje 50x, 100x)

- nakon kidanja

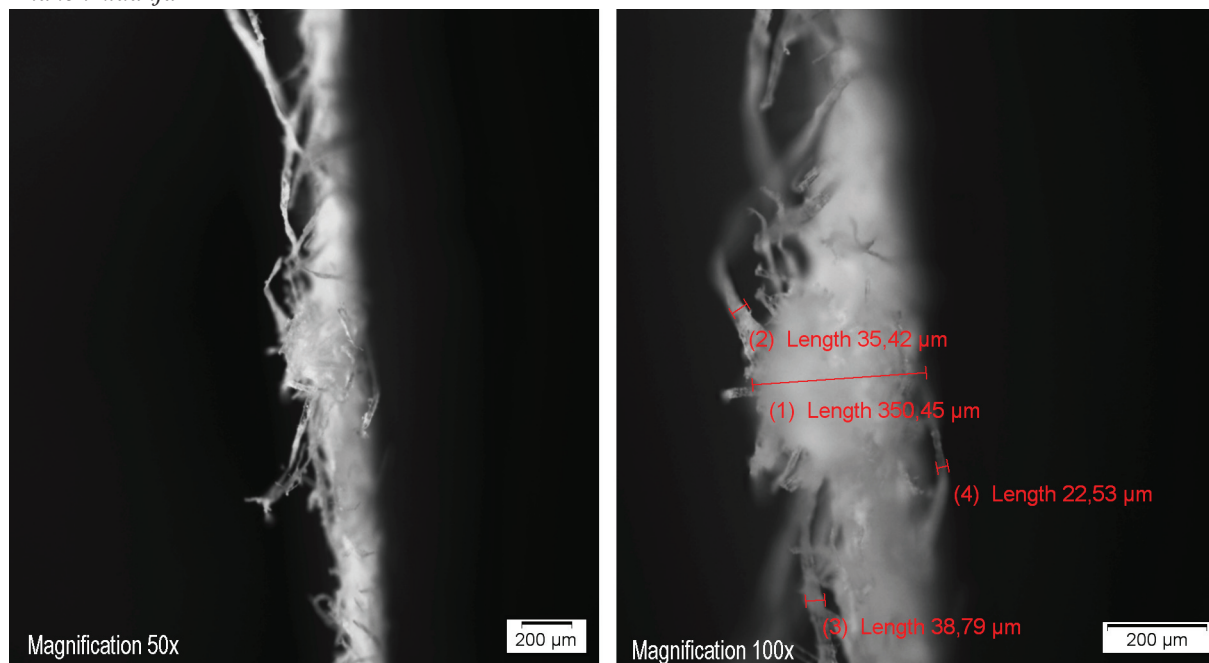
Slika 101. Optičke snimke uzorka V\_80kb<sub>E0</sub> (povećanje 50x, 100x)

- nakon kidanja



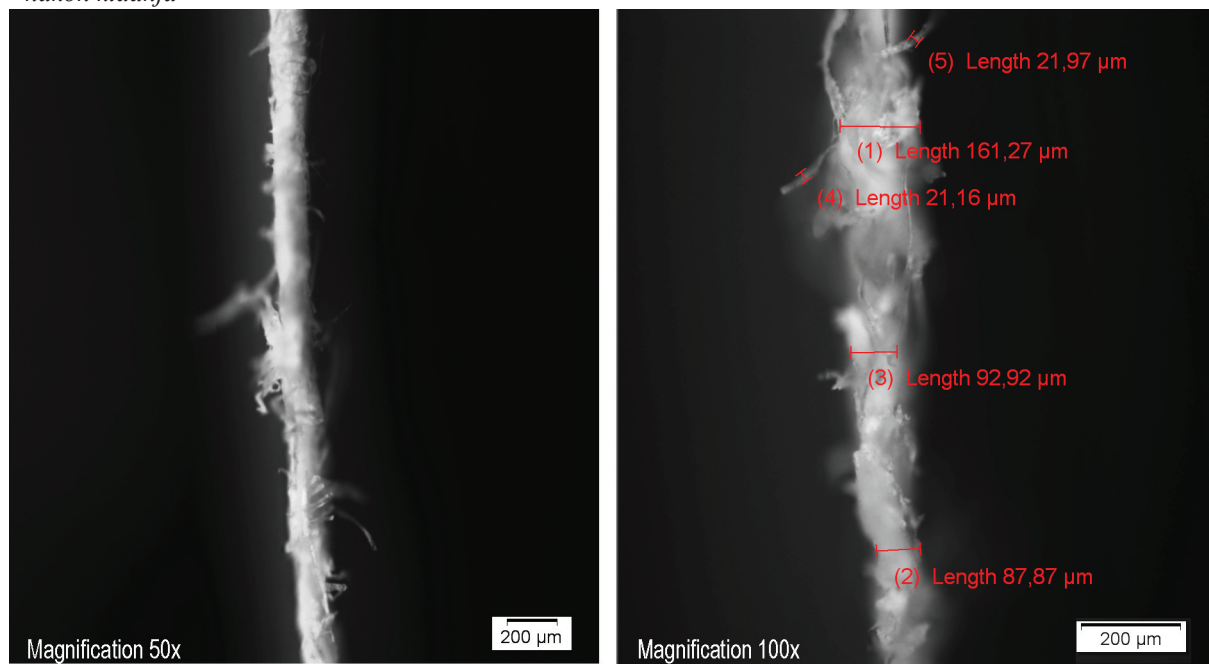
Slika 102. Optičke snimke uzorka V\_80kb<sub>E1</sub> (povećanje 50x, 100x)

- nakon kidanja



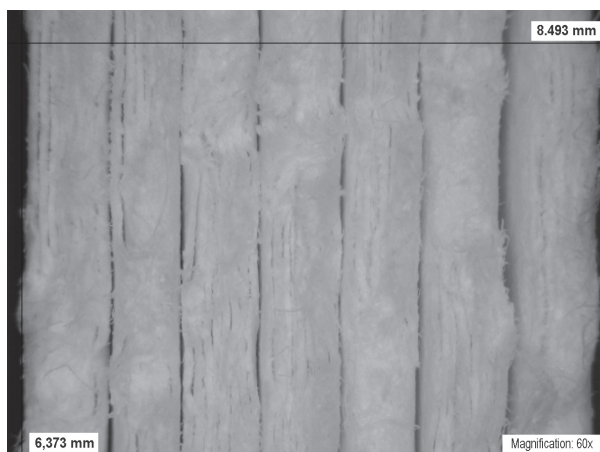
Slika 103. Optičke snimke uzorka V\_80kb<sub>H2</sub> (povećanje 50x, 100x)

- nakon kidanja

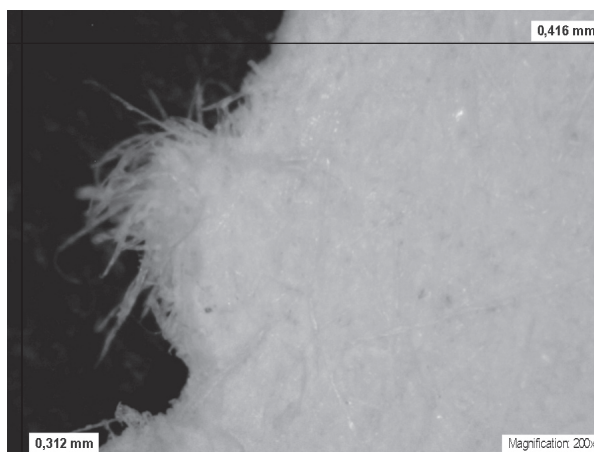


Slika 104. Optičke snimke uzorka V\_80kb<sub>H4</sub> (povećanje 50x, 100x)



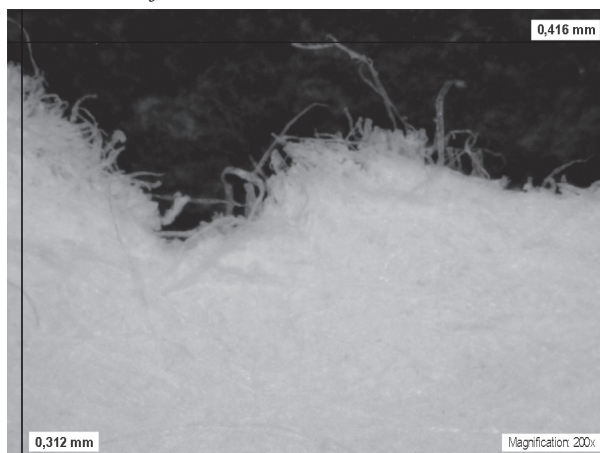


Slika 105. Digitalna snimka uzorka V\_80kb<sub>x</sub> - poprečni presjek (povećanje 60x)

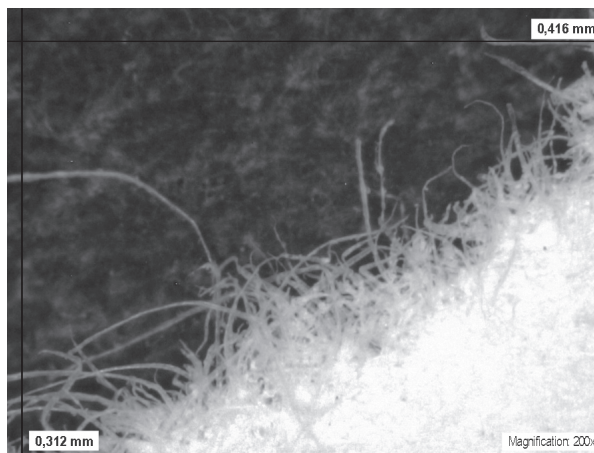


Slika 106. Digitalna snimka uzorka V\_80kb<sub>x</sub> (povećanje 200x)

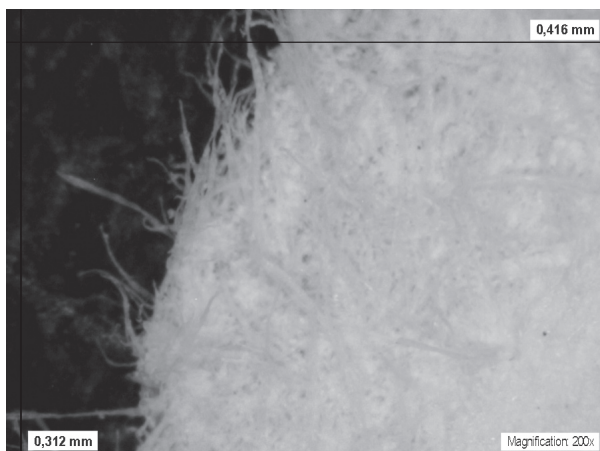
- nakon kidanja



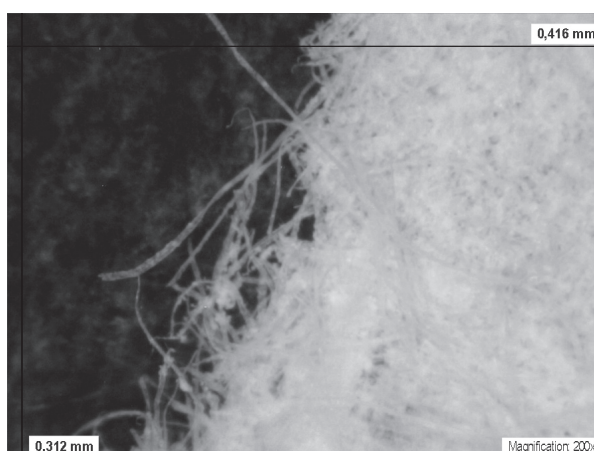
Slika 107. Digitalna snimka uzorka V\_80kb<sub>F0</sub> (povećanje 200x)



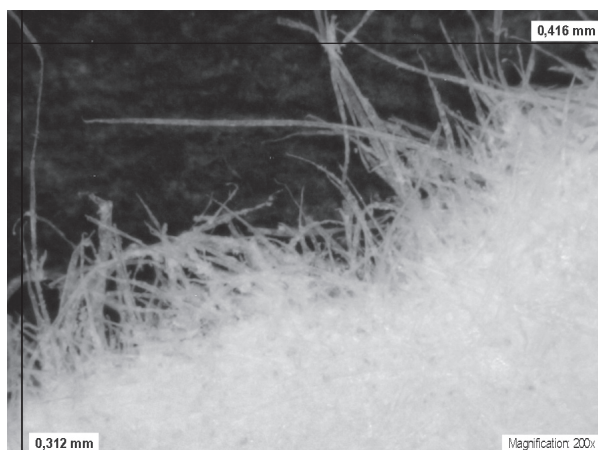
Slika 108. Digitalna snimka uzorka V\_80kb<sub>J0</sub> (povećanje 200x)



Slika 109. Digitalna snimka uzorka V\_80kb<sub>J1</sub> (povećanje 200x)



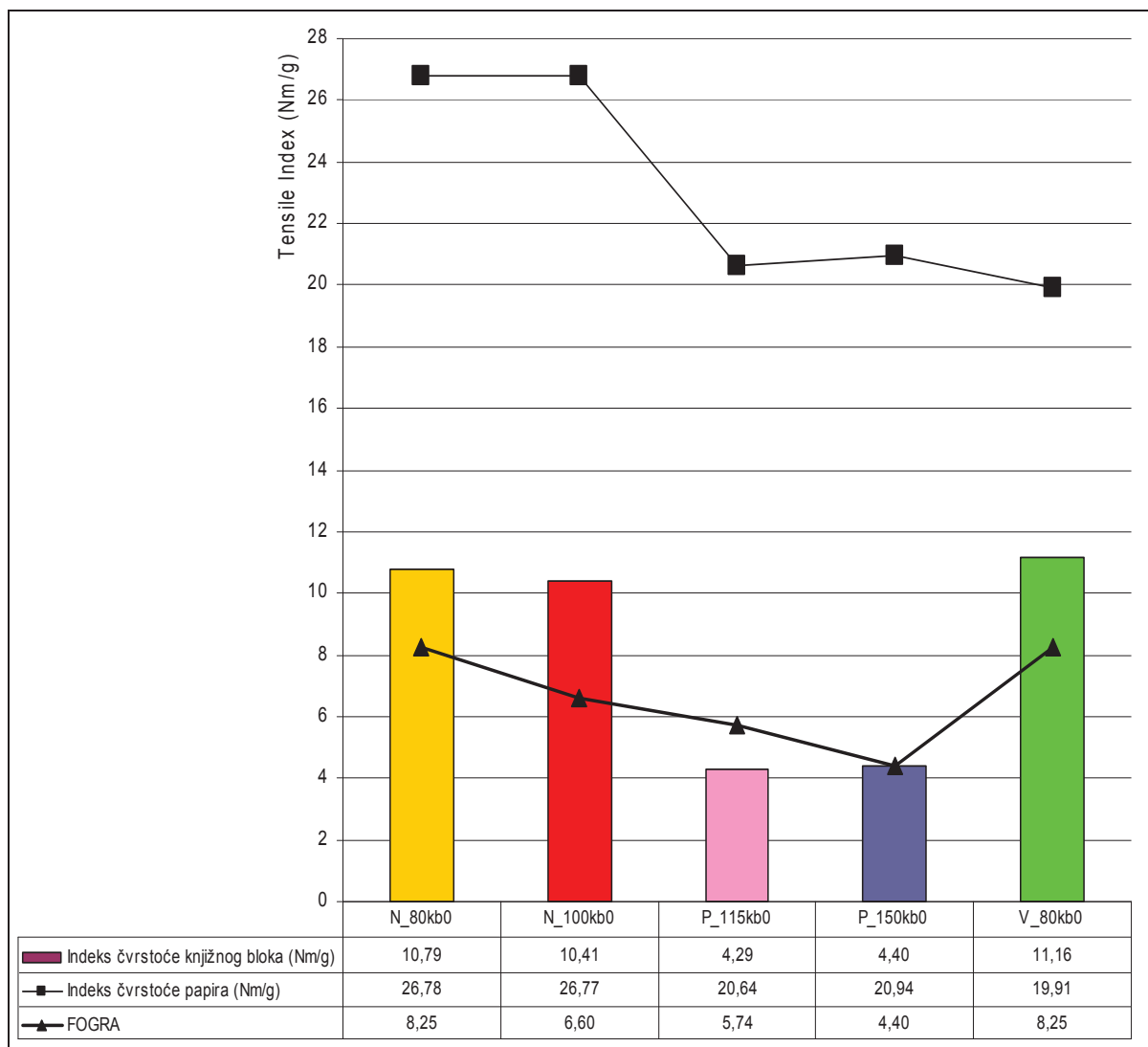
Slika 110. Digitalna snimka uzorka V\_80kb<sub>J2</sub> (povećanje 200x)



Slika 111. Digitalna snimka uzorka  
V\_80kb<sub>A4</sub> (povećanje 200x)

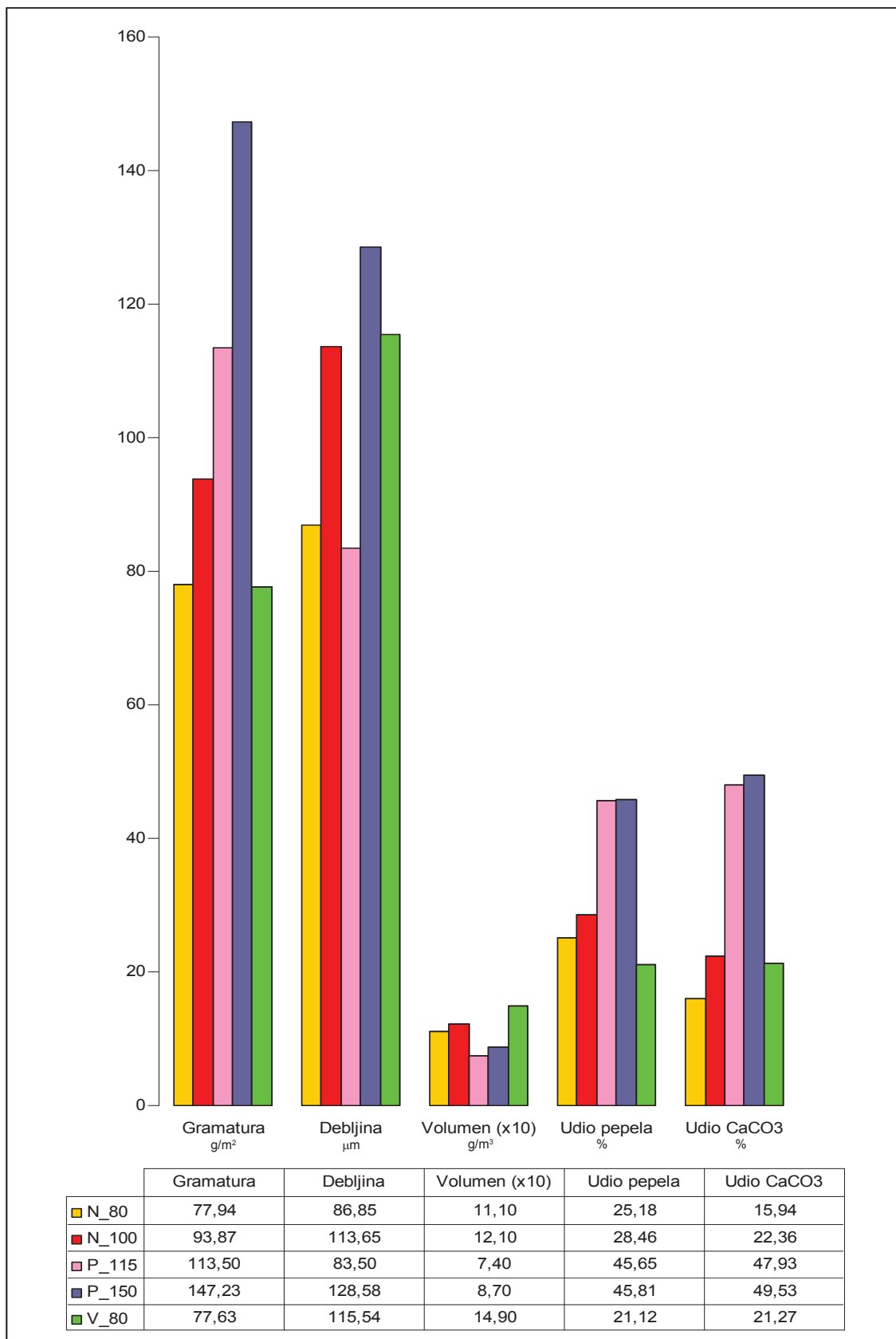
#### 4.6. VALORIZACIJA ČVRSTOĆE KNJIŽNOG BLOKA S OBZIROM NA VRSTU PAPIRA

Histogram 76. Rezultati čvrstoće knjižnog bloka

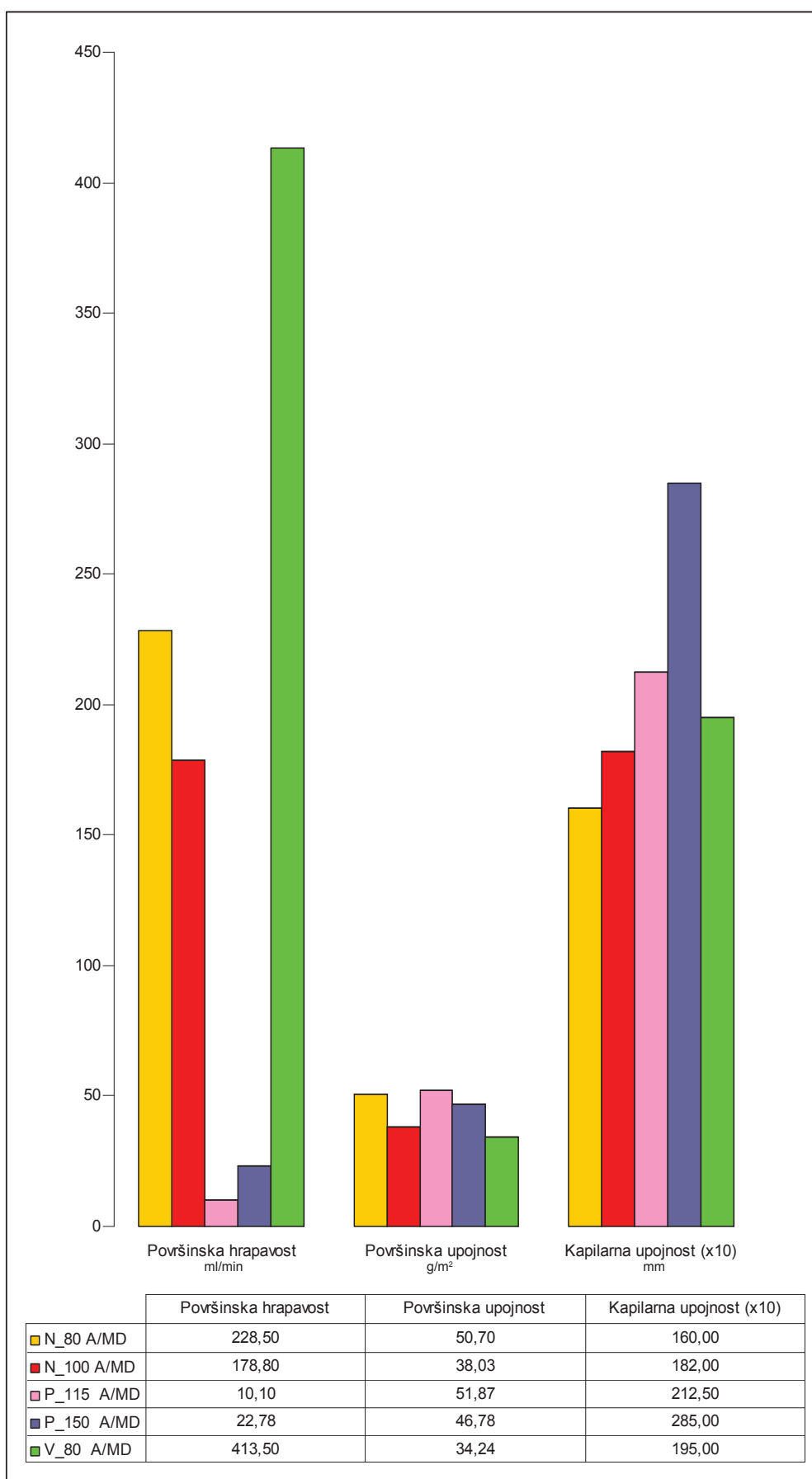


#### 4.7. MJERENJE OPĆIH, KEMIJSKIH, POVRŠINSKIH, STRUKTURALNIH I MEHANIČKIH SVOJSTAVA PAPIRA

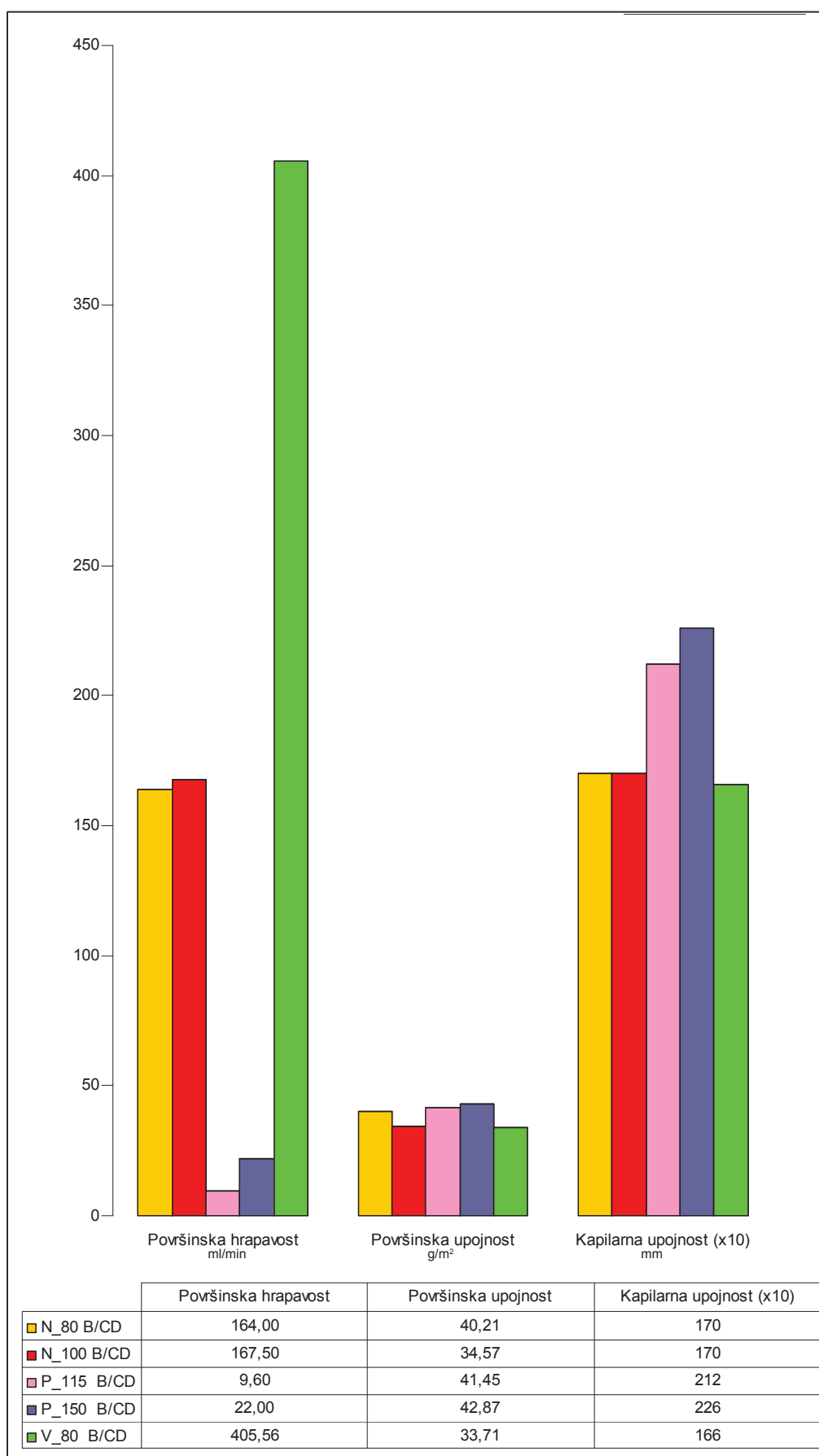
Histogram 77. Rezultati općih i kemijskih svojstava papira



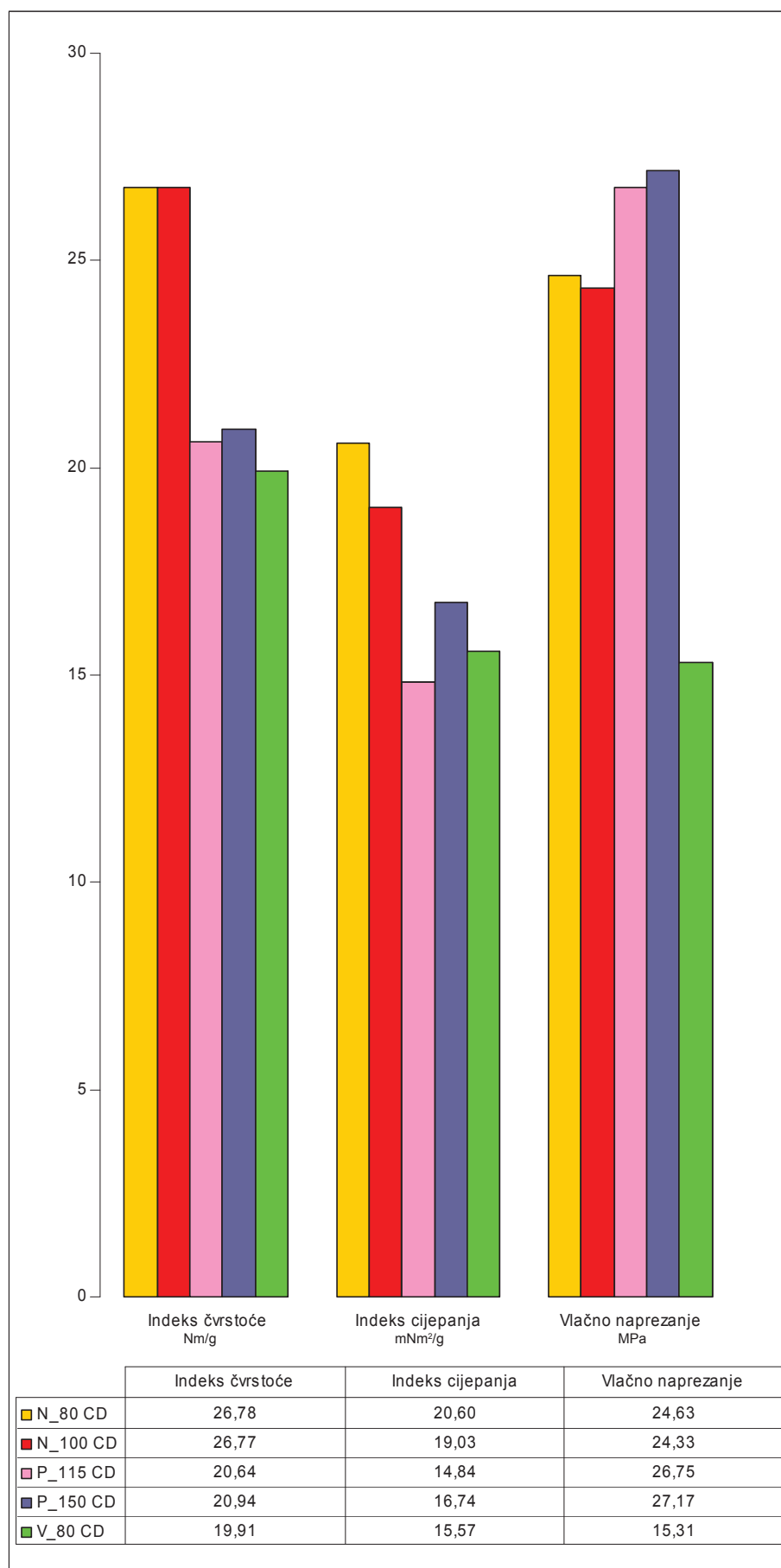
Histogram 78. Rezultati površinskih i strukturalnih svojstava papira (A/MD)



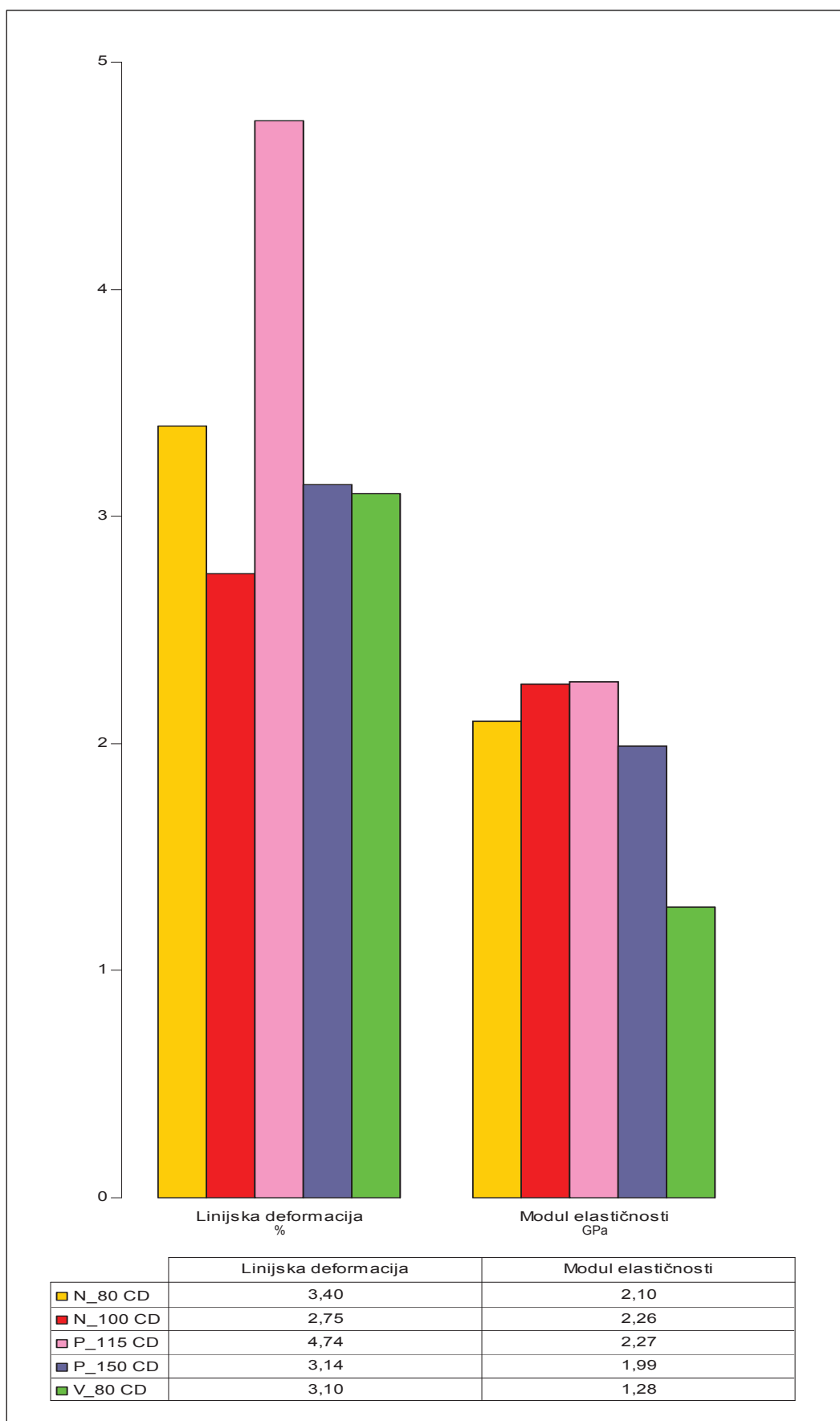
Histogram 79. Rezultati površinskih i strukturalnih svojstava papira (B/CD)



Histogram 80. Rezultati mehaničkih svojstava papira (CD)

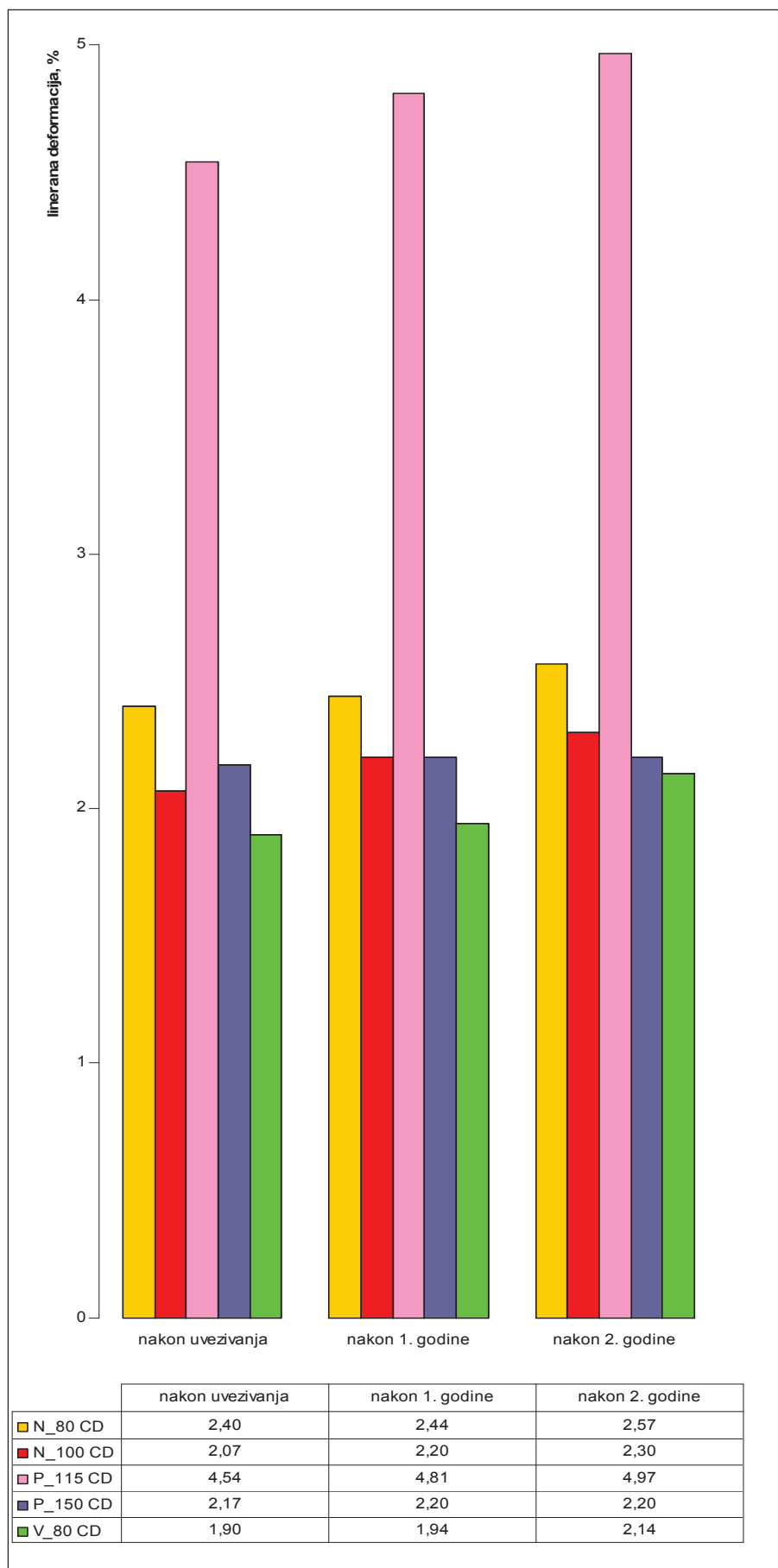


Histogram 81. Rezultati istezanja i krutosti papira (CD)

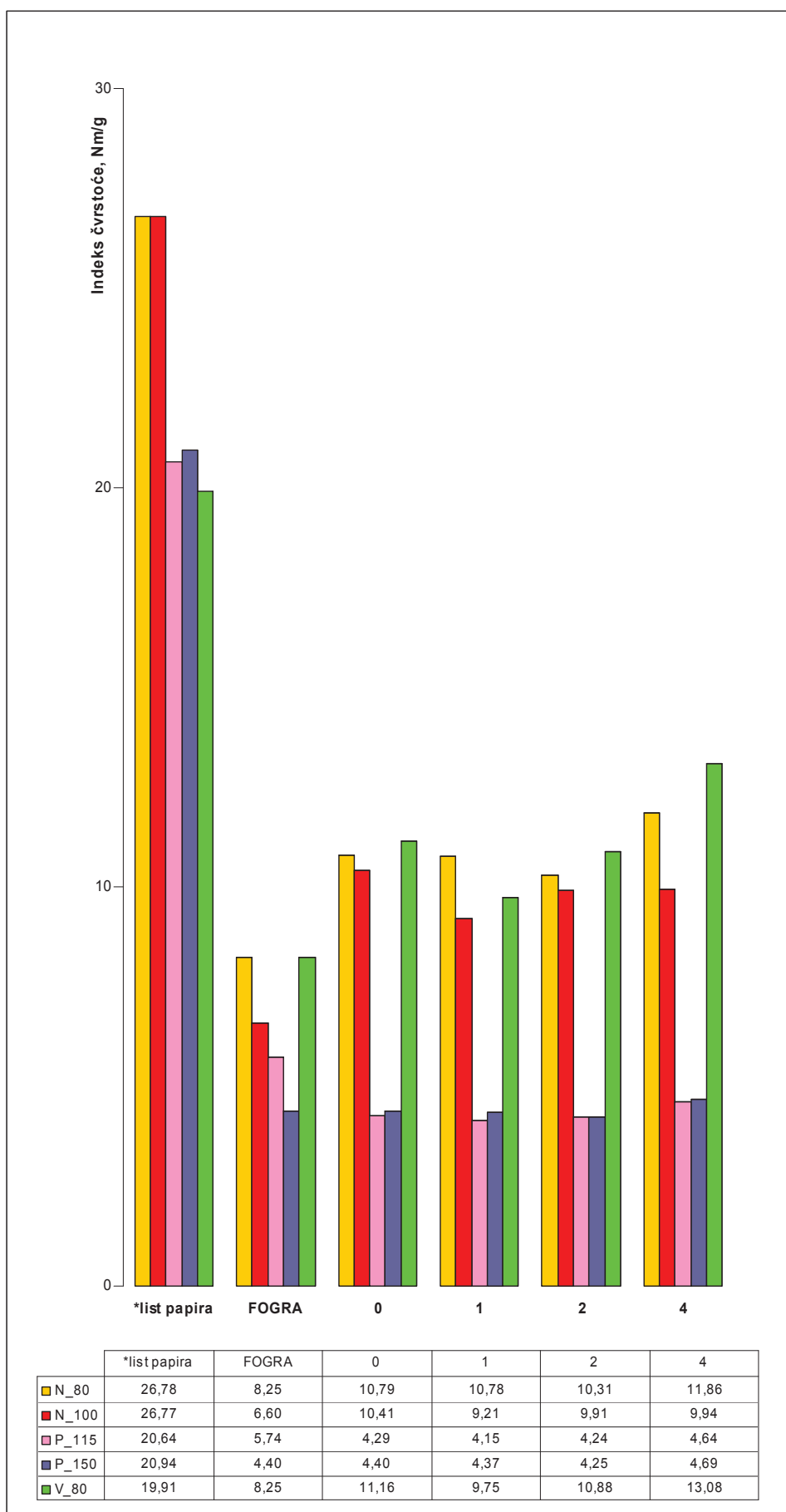




Histogram 82. Rezultati linijske deformacije lista papira



Histogram 83. Rezultati čvrstoće knjižnog bloka s obzirom na starenja



## 5. RASPRAVA

Cilj ovog rada je utvrditi postoji li povezanost između čvrstoće knjižnog bloka i starenja. Nastoji se odrediti kojim intenzitetom nastaju njegove promjene s obzirom na vremenski interval starenja. Valorizacija rezultata relevantnih parametara svojstava papira omogućuje valorizaciju čvrstoće knjižnog bloka budući da je ovdje potvrđeno fizikalno starenje papira.[19]

Ovisnost čvrstoće knjižnog bloka i starenja određena je statističkom metodom linearne regresije. Rezultati vizualne procjene učestalosti popuštanja spoja ovisno o starenju pojedinačnih listova papira (A-J) prikazani su na histogramu.

Vrijednosti rezultata čvrstoće slijepljenog spoja (A-J) prikazane su na grafikonu za svaki vremenski interval starenja. Rezultati kvantitativne analize komentirani su usporedno s rezultatima vizualne procjene učestalosti popuštanja spoja za svaki vremenski interval starenja.

Kumulativ rezultata učestalosti popuštanja spoja ovisno o starenju koristi se pri valorizaciji svojstava papira na mjestu linije uvezivanja. Indeks čvrstoće papira korišten je za uspoređivanje rezultata čvrstoće lista papira prije uvezivanja i čvrstoće slijepljenog spoja pojedinačnog lista papira. Vrijednosna ocjena čvrstoće knjižnog bloka koju preporučuje FOGRA također je prikazana kao indeks čvrstoće za određenu gramaturu papira.

Mikroskopska analiza snimke uzorka odnosi se na valorizaciju širine presjeka papira. Presjek površine pojedinačnog lista papira promatran je radi utvrđivanja njegove nepravilnosti na mjestu linije uvezivanja. Povećana hrapavost presjeka povećava čvrstoću slijepljenog spoja. Nadalje, optičke snimke uzoraka pokazuju promjene presjeka nakon ohrapavljenja (prije lijepljenja) i nakon starenja (nakon kidanja). Ova metoda slikovnog prikaza korištena je samo za potrebe rasprave o rezultatima u kvantitativnoj metodi istraživanja.

Mikroskopska vizualna procjena linije uvezivanja odnosi se na digitalne snimke uzoraka površine papira na mjestu linije uvezivanja. Ta metoda nastoji utvrditi način popuštanja papira na površini (cijepanje, ljuštenje). Nadalje, snimke poprečnog presjeka hrpta knjižnog bloka i površine papira na mjestu linije uvezivanja korištene su za potrebe istraživanja čvrstoće knjižnog bloka.

Rezultati mjerenja općih, kemijskih, površinskih i mehaničkih svojstava papira prije uvezivanja korišteni su za potrebe valorizacije čvrstoće slijepljenog spoja prije starenja. Važni parametar utjecaja na promjenu čvrstoće knjižnog bloka ovisno o starenju je linijska deformacija papira.

## 5.1. ANALIZA REZULTATA ČVRSTOĆE SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE ZA PAPIR N<sub>80</sub>

Na temelju provedene statističke analize, na grafikonu (gr. 1.) utvrđena je slaba povezanost čvrstoće knjižnog bloka i starenja. Pozitivna korelacija ( $r = 0,32$ ) dobivena je na temelju rezultata aritmetičke sredine čvrstoće knjižnog bloka [1-10]. Rezultati čvrstoće slijepljenog spoja (A-J) prikazani su radi utvrđivanja odstupanja čvrstoće s obzirom na položaj lista papira u knjižnom bloku.

Rezultati vizualne procjene za N<sub>80kb<sub>A</sub></sub> i N<sub>80kb<sub>J</sub></sub> prikazani su na histogramu (his. 1. i 10.). Konstatirano je da postoji učestalo popuštanje kohezijskog spoja u masi papira za sve periode starenja, što se moglo i očekivati zbog straničnog lijepljenja lista papira. Popuštanje adhezijskog spoja na međupovršini pokazuju pojedinačni listovi papira N<sub>80kb<sub>B-H</sub></sub> za vremenske intervale starenja od 0, jedne i dvije godine (his. 2. - 7.). Učestalost popuštanja kohezijskog spoja u masi papira primijećena je nakon 4. godine starenja. Znatno je veća učestalost popuštanja kohezijskog spoja u masi papira N<sub>80kb<sub>I</sub></sub> (his. 9.) za periode starenja od 1., 2. i 4. godine. Na temelju rezultata mjerenja kumulativa utvrđena je dvostruko veća učestalost popuštanja kohezijskog spoja za N<sub>80kb</sub> (his. 11.) nakon 4. godine starenja.

FOGRA-ini rezultati odstupanja čvrstoće slijepljenog spoja od za N<sub>80kb<sub>0</sub></sub> prikazani su na grafikonu (gr. 2.). Rezultati su dobiveni kvantitativnom metodom i pokazuju vrijednosti čvrstoće za položaj pojedinačnih listova papira (A-J). Rezultati mjerenja veći su od vrijednost čvrstoće koju propisuje FOGRA (8,25 Nm/g). Znatno povećanje rezultata čvrstoće za položaj N<sub>80kb<sub>A0</sub></sub> i N<sub>80kb<sub>J0</sub></sub> nastao je zbog straničnog lijepljenja lista papira. Nadalje, svojstva papira utječu na minimalan rezultat standardne devijacije čvrstoće za položaje N<sub>80kb<sub>B0-I0</sub></sub>. Također je utvrđeno trostruko smanjenje čvrstoće knjižnog bloka N<sub>80kb<sub>B0-I0</sub></sub> s obzirom na rezultat čvrstoće lista papira N<sub>80</sub> (26,78 Nm/g), što se moglo i očekivati budući da je mjesto linija uvezivanja na površini presjeka lista papira. Rezultati vizualne procjene učestalosti popuštanja adhezijskog odnosno kohezijskog spoja za N<sub>80kb<sub>0</sub></sub> prikazani su na histogramu (his. 12.). Konstatirana je velika učestalost popuštanja adhezijskog spoja za listove papira N<sub>80kb<sub>B0</sub></sub> i N<sub>80kb<sub>D0-I0</sub></sub>. Suprotno tome, učestalo popuštanje kohezijskog spoja u masi papira utvrđeno je za N<sub>80kb<sub>A0</sub></sub> i N<sub>80kb<sub>C0</sub></sub>. Popuštanje kohezijskog spoja za N<sub>80kb<sub>C0</sub></sub> utvrđena je samo jedanput, razlog tomu su karakteristike površine presjeka papira.

Rezultati odstupanja čvrstoće za N<sub>80kb<sub>I</sub></sub> (gr. 3.) nakon 1. godine starenja pokazuju prosječno smanjenje čvrstoće za 1,09 Nm/g za položaje N<sub>80kb<sub>B1-D1</sub></sub> i N<sub>80kb<sub>F1</sub></sub>. Prosječno povećanje rezultata čvrstoće iznosi 0,94 Nm/g za položaje N<sub>80kb<sub>G1-I1</sub></sub> i N<sub>80kb<sub>E1</sub></sub>. Razlika rezultata mjerenja istezanja papira  $\epsilon_1$  i  $\epsilon_0$  iznosi 0,04%. Rezultati čvrstoće za položaj N<sub>80kb<sub>B1-C1</sub></sub>

znatno su manji od vrijednosne ocjene FOGRA-e, a za ostale su položaje rezultati su znatno veći. Na histogramu (his. 13.) je potvrđena veća učestalost popuštanja adhezijskog spoja za  $N_{80kb_{C1}}$  i  $N_{80kb_{E1-H1}}$ . Učestalost popuštanja kohezijskog spoja u masi papira minimalna je za  $N_{80kb_{B1}}$ ,  $N_{80kb_{D1}}$  i  $N_{80kb_{I1}}$ .

Rezultati odstupanja čvrstoće za  $N_{80kb_2}$  (gr. 4.) nakon 2. godine starenja pokazuju prosječno smanjenje čvrstoće u iznosu od 0,98 Nm/g za položaj  $N_{80kb_{D2}}$ ,  $N_{80kb_{F2-I2}}$ . Prosječno povećanje čvrstoće iznosi 0,26 Nm/g za položaj  $N_{80kb_{B2-C2}}$ .

Razlika rezultata mjerenja istezanja papira  $\varepsilon_2$  i  $\varepsilon_1$  iznosi 0,13%. Rezultati čvrstoće za  $N_{80kb_{D2}}$ ,  $N_{80kb_{F2}}$  i  $N_{80kb_{G2-J2}}$  manji su od vrijednosti FOGRA-e. Učestalost popuštanja adhezijskog spoja konstatirana je za  $N_{80kb_{C2-H2}}$ . Konstantna je učestalost popuštanja kohezijskog spoja za  $N_{80kb_{B2}}$  i  $N_{80kb_{I2}}$  (his. 14.).

Rezultati odstupanja čvrstoće za  $N_{80kb_4}$  (gr. 5.) nakon 4. godine starenja pokazuju prosječno povećanje čvrstoće u vrijednosti od 1,77 Nm/g. Rezultati čvrstoće s obzirom na položaje (A-J) veći su od FOGRA-e. Na temelju vizualne procjene (his. 15.) učestalost popuštanja kohezijskog spoja u masi papira potvrđena je za sve položaje u knjižnom bloku.

Kumulativ odstupanja rezultata čvrstoće za  $N_{80kb}$  (gr. 6.) pokazuje povećanje rezultata od FOGRA-e tek nakon 4. godine starenja. Povećanje rezultata čvrstoće za  $N_{80kb_{A0-4}}$  i  $N_{80kb_{J0-4}}$  može se interpretirati zbog istezanja papira.

Optička snimka uzorka  $N_{80kb_x}$  (sl. 41.) pokazuju promjenu dimenzija presjeka nakon ohrapavljenja. Rezultati širine presjeka iznose 476,07  $\mu\text{m}$ , 273,59  $\mu\text{m}$  i 188,38  $\mu\text{m}$ . Na rubnim dijelovima presjeka zamjećena su dijelom oslobođena vlakna. Zbog fibrilacije vlakna konstatirana je manja učestalost njihovog pojavljivanja. Mehaničkim postupkom masnog mljevenja dobiveno je vlakno koje omogućuje viši stupanj iskorištenja punila što potvrđuje i mikroskopska snimka. Nakon mehaničke obrade hrpta knjižnog bloka, presjek površine ovog bezdrvnog papira ostao je kompaktan, bez naznaka znatnog odvajanja vlakana kroz debljinu papira.

Nakon kidanja, optička snimka uzorka  $N_{80kb_{I0}}$  (sl. 42.) pokazuje znatno smanjenje rezultata presjeka površine koji iznose 107,10  $\mu\text{m}$  i 91,63  $\mu\text{m}$ . Za vrijeme djelovanja vlačne sile naprezanja došlo je do unutrašnjeg cijepanja lista papira što je ustvari dovelo do smanjenja rezultata.

Nakon 1. godine starenja provedeno je kidanje uzorka  $N_{80kb_{I1}}$  (sl. 43.), širine presjeka iznose 119,53  $\mu\text{m}$  i 107,45  $\mu\text{m}$  što je povećanje u odnosu na  $N_{80kb_{I0}}$ . A to povećanje je nastalo uslijed ekspanzije vlakana kroz debljinu papira. Takva vlakna su elastična i stoga je unutarnje cijepanje papira smanjeno. Jedan dio vlakana koji se ipak odvojio znatno je kraći u

odnosu na N\_80kb<sub>I0</sub>. Usporedbom mikroskopskih snimaka primjećuje se da je pojava odvajanja vlakana znatno manja nego kod N\_80kb<sub>I0</sub>.

Nakon 2. godine starenja provedeno je kidanje uzorka N\_80kb<sub>B2</sub> (sl. 44.), širine presjeka iznose 130,39 μm i 115,68 μm što je povećanje u odnosu na N\_80kb<sub>I1</sub>. Povećanje je ponovno nastalo zbog ekspanzije vlakana u papiru. Vlakna su još elastičnija pa je unutrašnje cijepanje papira svedeno na minimum. Neznatan dio vlakana koji se ipak odvojio znatno je kraći u odnosu na N\_80kb<sub>I1</sub> što primjećuje usporedbom mikroskopskih snimaka.

Nakon 4. godine starenja provedeno je kidanje uzorka N\_80kb<sub>B4</sub> (sl. 45.), širine presjeka iznose 89,01 μm i 68,37 μm što je smanjenje u odnosu na N\_80kb<sub>B2</sub>. A to smanjenje je nastalo zbog popuštanja kohezijskog spoja u masi papira. Propadanje primarne strukture papira posljedica je utjecaja vlage na papir i omekšavanja hemiceluloza u stjenci vlakana. Usporedbom mikroskopskih snimaka primjećuje se ponovno odvajanje vlakana znatno veće nego kod N\_80kb<sub>I1</sub>.

Digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>X</sub> nakon ohrapavljenja hrpta knjižnog bloka (sl. 46.) pokazuje njegovu karakterističnu hrapavost. Digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>X</sub> (sl. 47.) pokazuje površinu linije uvezivanja na kojoj su uočena vlakna djelomično odvojena od strukture papira. Nepravilan oblik površine rezultat je ohrapavljenja.

Nakon kidanja, digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>I0</sub> (sl. 48.) pokazuje unutarnje cijepanje lista papira jer su dijelom odvojena vlakna znatno kraća. Suprotno tome, digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>J0</sub> (sl. 49.) prikazuje njihovo produljenje, koje je nastalo zbog djelovanja vlačne sile naprezanja lista papira koji je stranično lijepljen. Popuštanje kohezijskog spoja u masi papira je potvrđeno.

Nakon kidanja, digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>H1</sub> (sl. 50.) pokazuje površinu linije uvezivanja nakon 1. godine starenja. Nadalje, je potvrđeno unutarnje cijepanje lista papira uz neznatno produljenje vlakana. Digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>A1</sub> (sl. 51.) prikazuje ponovno popuštanje kohezijskog spoja u masi papira, a djelomično odvojena vlakna su kraća.

Nakon kidanja, digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>C2</sub> (sl. 52.) pokazuje površinu linije uvezivanja nakon 2. godine starenja. Unutarnje cijepanje lista papira gotovo i ne postoji, na površini lista papira nisu zamijećena vlakna. Digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>J2</sub> (sl. 53.) prikazuje popuštanje kohezijskog spoja u masi papira. Djelomično odvojena vlakna znatno su duža nego nakon uvezivanja.

Nakon kidanja, digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>A4</sub> (sl. 54.) pokazuje površinu linije uvezivanja nakon 4. godine starenja. Utvrđeno je popuštanje kohezijskog spoja u masi papira

za sve položaje listova papira (A-J) u knjižnom bloku. Vlakana dijelom izdvojenih iz strukture papira znatno je više.

## **5.2. ANALIZA REZULTATA ČVRSTOĆE SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE ZA PAPIR N<sub>100</sub>**

Na temelju provedene statističke analize, na grafikonu (gr. 7.) je prikazana neznatna povezanost čvrstoće knjižnog bloka i starenja. Negativna korelacija ( $r = 0,10$ ) dobivena je na temelju rezultata aritmetičke sredine čvrstoće knjižnog bloka [1-10]. Rezultati čvrstoće slijepljenog spoja (A-J) prikazani su radi utvrđivanja odstupanja čvrstoće s obzirom na položaj lista papira u knjižnom bloku.

Rezultati vizualne procjene za N<sub>100kb<sub>A</sub></sub> i N<sub>100kb<sub>J</sub></sub> prikazani su na histogramu (his. 16. i 25.). Konstatirana je učestalost popuštanja kohezijskog spoja u masi papira za sve periode starenja, što se moglo i očekivati zbog straničnog lijepljenja lista papira. Popuštanje adhezijskog spoja na međupovršini pokazuju pojedinačni listovi papira N<sub>100kb<sub>B-I</sub></sub> za vremenske intervale starenja (his. 17.-24.). Na histogramu vrijednosti rezultata kumulativa (his. 26.) prikazana je gotovo trostruko veća učestalost popuštanja adhezijskog spoja za sve periode starenja.

Rezultati odstupanja čvrstoće slijepljenog spoja od FOGRA-e za N<sub>100kb<sub>0</sub></sub> prikazani su na grafikonu (gr. 8.). Rezultati mjerenja čvrstoće slijepljenog spoja za N<sub>100kb<sub>A0-J0</sub></sub> znatno su veći od vrijednosne ocjene FOGRA-e (6,60 Nm/g). Neznatno povećanje rezultata čvrstoće za položaj N<sub>100kb<sub>A0</sub></sub> i N<sub>100kb<sub>J0</sub></sub> pripisuje se straničnom lijepljenju lista papira. Nadalje, minimalna devijacija rezultata čvrstoće utvrđena je za položaj N<sub>100kb<sub>B0-I0</sub></sub>. Čvrstoća knjižnog bloka N<sub>100kb<sub>0</sub></sub> dvostruko je manja od rezultata čvrstoće lista papira N<sub>100</sub> (26,77 Nm/g). Rezultati vizualne procjene učestalosti popuštanja adhezijskog odnosno kohezijskog spoja za N<sub>100kb<sub>0</sub></sub> prikazani su na histogramu (his. 27.). Učestalost popuštanja adhezijskog spoja konstatirana je za sve pojedinačne listove N<sub>100kb<sub>B0-I0</sub></sub>. Suprotno tome, popuštanje kohezijskog spoja u masi papira konstatirano je za N<sub>100kb<sub>A0</sub></sub> i N<sub>100kb<sub>J0</sub></sub>.

Rezultati odstupanja čvrstoće za N<sub>100kb<sub>1</sub></sub> (gr. 9.) nakon 1. godine starenja pokazuju smanjenje čvrstoće slijepljenog spoja u prosjeku za 2,85 Nm/g samo za položaje N<sub>100kb<sub>B1-C1</sub></sub> i N<sub>100kb<sub>F1-J1</sub></sub>. Razlika vrijednosti rezultata istezanja papira  $\varepsilon_1$  i  $\varepsilon_0$  iznosi 0,13%. Znatno smanjenje rezultata čvrstoće utvrđeno je za list papira N<sub>100kb<sub>B1</sub></sub>. Rezultati mjerenja čvrstoće za ostale položaje listova papira veći su od vrijednosne ocjene FOGRA-e. Nadalje, učestalost popuštanja adhezijskog spoja konstatirana je za položaje N<sub>100kb<sub>C1-I1</sub></sub>. Popuštanje

kohezijskog spoja u masi papira konstatirano je za  $N_{100kb_{A1}}$ ,  $N_{100kb_{B1}}$  i  $N_{100kb_{J1}}$ , kao što je prikazano na histogramu (his. 28.).

Rezultati odstupanja čvrstoće za  $N_{100kb_2}$  (gr. 10.) nakon 2. godine starenja potvrđuju neznatno povećanje rezultata čvrstoće slijepljenog spoja u prosjeku za 2 Nm/g. Razlika rezultata mjerenja istezanja papira između  $\varepsilon_2$  i  $\varepsilon_1$  iznosi 0,10%. Povećanje rezultata konstatirano je za položaje  $N_{100kb_{B2-D2}}$  i  $N_{100kb_{F2-H2}}$ . Suprotno tome, smanjenje vrijednosti rezultata čvrstoće utvrđeno je za  $N_{100kb_{A2}}$ ,  $N_{100kb_{E2}}$  i  $N_{100kb_{I2-J2}}$ . Vrijednosti rezultata čvrstoće za sve položaje (A-J) veće su od onih koje je propisala FOGRA. Učestalost popuštanja adhezijskog spoja konstatirana je za  $N_{100kb_{C2-H2}}$ . Učestalost popuštanja kohezijskog spoja najveća je za  $N_{100kb_{A2}}$  i  $N_{100kb_{J2}}$ , a ostali položaji potvrđuju učestalost popuštanja adhezijskog spoja (his. 29.). Popuštanje kohezijskog spoja u masi papira za položaj  $N_{100kb_{E2}}$  rezultat je dimenzionalne promjene papira.

Rezultati odstupanja čvrstoće za  $N_{100kb_4}$  (gr. 11.) nakon 4. godine starenja pokazuju da je prosječna vrijednost smanjenja rezultata čvrstoće u iznosu od 0,88 N/m/g, iako su rezultati čvrstoće svih položaja (A-J) znatno veći od rezultata FOGRA-e. Učestalost popuštanja kohezijskog spoja konstatirana je i na položajima listova papira  $N_{100kb_{A4-C2}}$  i  $N_{100kb_{I4-J4}}$  unutar knjižnog bloka kao što je prikazano na histogramu (his. 30.).

Odstupanje rezultata čvrstoće za  $N_{100kb}$  (gr. 12.) nakon starenja pokazuje smanjenje rezultata čvrstoće slijepljenog spoja. Devijacija rezultata čvrstoće konstatirana je za sve položaje (A-J) nakon starenja.

Optička snimka uzorka za  $N_{100kb_x}$  (sl. 55.) pokazuje značajne strukturakne promjene presjeka lista papira nakon ohrapavljenja. Rezultati širine presjeka iznose 309,62  $\mu\text{m}$  i 105,78  $\mu\text{m}$ . Na rubnim dijelovima presjeka zamjećena su samo manjim dijelom oslobođena vlakna. Vlakna su fibrilirana i stoga je manja učestalost njihovog djelomičnog odvajanja od strukture papira. Snimka pokazuje viši stupanj iskorištenja punila iako je došlo do djelomičnog kidanja kroz debljinu papira.

Nakon kidanja uzorka  $N_{100kb_{C0}}$  (sl. 56) širine presjeka iznose 145,91  $\mu\text{m}$  i 87,81  $\mu\text{m}$  što je smanjenje u odnosu na  $N_{100kb_x}$ . Zbog vlačne sile naprezanja došlo je do unutrašnjeg cijepanja lista papira što je u stvari razlog smanjenje rezultata. Djelomičnog odvajanje vlakana na površini presjeka gotovo da i nema što pokazuje i mikroskopska snimka.

Nakon 1. godine starenja provedeno je kidanje uzorka  $N_{100kb_{I1}}$  (sl. 57.) širine presjeka iznose 112,23  $\mu\text{m}$  i 63,21  $\mu\text{m}$ , što je smanjenje u odnosu na  $N_{100kb_{C0}}$ . A to smanjenje je nastalo zbog utjecaja vlage na papir. Papir upija vlagu, a kristalna regija stjenke vlakana



postaje elastičnija. Ekspanzija vlakna kroz debljinu lista papira postoji, ali ne utječe na povećanje širine presjeka. Jedan dio vlakna koji se ipak odvojio zavidne je dužine.

Nakon 2. godine starenja provedeno je kidanje uzorka N\_100kb<sub>E2</sub> (sl. 58.) širine presjeka iznose 189,91  $\mu\text{m}$  i 181,96  $\mu\text{m}$ , što je povećanje u odnosu na N\_100kb<sub>I1</sub>. Povećanje je nastalo zbog daljnje ekspanzije vlakana u papiru. Vlakna su elastičnija, unutarnje cijepanje papira teško je potvrditi jer ne postoje dijelom odvojena vlakna kao što je primjećeno na snimci za N\_100kb<sub>I1</sub>.

Nakon 4. godine starenja provedeno je kidanje uzorka N\_100kb<sub>G4</sub> (sl. 59.), širine presjeka lista papira iznose 107,19  $\mu\text{m}$  do 102,31  $\mu\text{m}$  što je smanjenje u odnosu na N\_100kb<sub>E2</sub>. Smanjenje je nastalo zbog popuštanja kohezijskog spoja u masi papira. Propadanje vlaknaste strukture papira posljedica je utjecaja visoke vlage na papir i omekšavanje hemiceluloza u stjenci vlakana. Sada se primjećuje značajno odvajanje velikog broja vlakana kroz debljinu papira. Vlakna su zavidne duljine i pojavljuju se kroz cijelu širinu presjeka lista papira.

Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>X</sub> nakon ohrapavljenja hrpta knjižnog bloka (sl. 60.) pokazuje njegovu karakterističnu hrapavost. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>X</sub> (sl. 61.) pokazuje površinu linije uvezivanja na kojoj je potvrđeno neznatno mjestimično odvajanje vlakana iz strukture papira.

Nakon kidanja, digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>C0</sub> (sl. 62.) pokazuje slabe naznake unutarnjeg cijepanja papira, samo su dijelom odvojena kratka vlakna iz strukture papira.

Suprotno tome, digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>E0</sub> (sl. 63.) predočava njihovo produljenje, nastalo zbog djelovanja vlačne sile naprezanja lista papira koji je stranično lijepljen. Potvrđeno je popuštanje kohezijskog spoja u masi papira.

Nakon kidanja, digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>H1</sub> (sl. 64.) pokazuje površinu linije uvezivanja nakon 1. godine starenja. Nadalje, unutarnja cijepanja papira nisu potvrđena. Djelomično odvojena vlakna iz strukture papira neznatno su dulja. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>J1</sub> (sl. 65.) predočava ponovno popuštanje kohezijskog spoja u masi papira, a djelomično odvojena vlakna su dulja.

Nakon kidanja, digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>E2</sub> (sl. 66.) pokazuje površinu linije uvezivanja nakon 2. godine starenja. Popuštanje adhezijskog spoja potvrđeno je izravno na međupovršini papira i ljepila. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>J2</sub> (sl. 67.) predočava ponovno popuštanje kohezijskog spoja u masi papira, povećanje duljine vlakna i učestalost njegova pojavljivanja je povećana.

Nakon kidanja, digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>G4</sub> (sl. 68.) pokazuje površinu linije uvezivanja nakon 4. godine starenja. Unutarnje cijepanje papira ponovno je potvrđeno samo

na položajima listova papira (D-H) unutar knjižnog bloka. Na osnovi digitalne snimke uzorka N<sub>100kbJ4</sub> (sl. 69.) utvrđeno je ponovno popuštanje kohezijskog spoja u masi papira, ali uz neznatno povećanje duljine vlakana i učestalost njegova pojavljivanja.

### **5.3. ANALIZA REZULTATA ČVRSTOĆE SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE ZA PAPIR P<sub>115</sub>**

Na temelju provedene statističke analize, na grafikonu (gr. 13.) je prikazana mala povezanost čvrstoće knjižnog bloka i starenja. Pozitivna korelacija ( $r = 0,28$ ) dobivena je na temelju rezultata aritmetičke sredine čvrstoće knjižnog bloka [1-10]. Rezultati čvrstoće slijepljenog spoja (A-J) prikazani su radi utvrđivanja odstupanja čvrstoće s obzirom na položaj lista papira u knjižnom bloku.

Rezultati vizualne procjene za položaje lista papira P<sub>115kbA</sub> i P<sub>115kbJ</sub> prikazani su na histogramu (his. 31. i 40.). Konstatirana je učestalost popuštanja kohezijskog spoja u masi papira za sve periode starenja, što se moglo i očekivati zbog straničnog lijepljenja lista papira. Popuštanje adhezijskog spoja na međupovršini konstatirano je također za sve periode starenja. Učestalost popuštanja adhezijske veze utvrđena je za položaje P<sub>115kbB-1</sub> za sve periode starenja, kao što je prikazano na histogramima (his. 32.-39.). Rezultati mjerenja kumulativa pokazuju znatno smanjenje učestalosti popuštanja adhezijskog spoja za P<sub>115kb</sub> nakon 4. godine starenja (his. 41.).

Rezultati odstupanja čvrstoće slijepljenog spoja od FOGRA-e za P<sub>115kb<sub>0</sub></sub> prikazani su na grafikonu (gr. 14.). Vrijednosti čvrstoće slijepljenog spoja za položaje papira N<sub>80kbB0-10</sub> znatno su niže od vrijednosne ocjene (5,74 N/mg). Znatno povećanje rezultata čvrstoće za položaj P<sub>115kbA<sub>0</sub></sub> i P<sub>115kbJ<sub>0</sub></sub> objašnjava se na temelju straničnog lijepljenja lista papira. Svojstva papira utječu na minimalne devijacije rezultata čvrstoće te sve položaje P<sub>115kbB0-10</sub>. Peterostruko smanjenje čvrstoće knjižnog bloka konstatirano je s obzirom na rezultat čvrstoće lista papira P<sub>115</sub> (20,64 Nm/g). Rezultati vizualne procjene učestalosti popuštanja adhezijskog odnosno kohezijskog spoja za P<sub>115kb<sub>0</sub></sub> prikazani su na histogramu (his. 42.). Konstatirana je učestalost popuštanja adhezijskog spoja za položaje P<sub>115kbB0-10</sub>. Suprotno tome, popuštanje kohezijskog spoja u masi papira utvrđeno je za P<sub>115kbA<sub>0</sub></sub> i P<sub>115kbJ<sub>0</sub></sub>.

Rezultati odstupanja čvrstoće za P<sub>115kb<sub>1</sub></sub> (gr. 15.) nakon 1. godine starenja pokazuju prosječno smanjenje čvrstoće u iznosu od 0,47 Nm/g za položaje P<sub>115kbB1-11</sub>. Povećanje rezultata čvrstoće za položaje P<sub>115kbA<sub>1</sub></sub> i P<sub>115kbJ<sub>1</sub></sub> rezultat je istezanja papira. Razlika rezultata mjerenja istezanja papira  $\varepsilon_1$  i  $\varepsilon_0$  iznosi 0,27%. Na histogramu (his. 43.) je zabilježena

učestalost popuštanja adhezijskog spoja za položaje P<sub>115kbC1-I1</sub>. Učestalost popuštanja kohezijskog spoja u masi papira konstatirana je za položaj P<sub>115kbJ1</sub>, P<sub>115kbA1</sub> i P<sub>115kbB1</sub>.

Rezultati odstupanja čvrstoće za P<sub>115kb<sub>2</sub></sub> (gr. 16.) nakon 2. godine starenja pokazuju prosječno smanjenje čvrstoće u iznosu od 0,19 Nm/g za položaj P<sub>115kbB2-D2</sub>. Prosječno povećanje rezultata čvrstoće u iznosu od 0,46 Nm/g konstatirano je za položaj P<sub>115kbE2-I2</sub>. Nadalje, smanjenje rezultata konstatirano je za položaj P<sub>115kbA2</sub> i P<sub>115kbJ2</sub>, što je posljedica smanjenja istezanja papira. Razlika rezultata istezanja papira  $\varepsilon_2$  i  $\varepsilon_1$  iznosi 0,16%. Istezanje papira je 40% manje nego nakon 1. godine starenja. Na histogramu (his. 44.) je prikazana učestalost popuštanja adhezijskog spoja za položaj P<sub>115kbA2-I2</sub>. Učestalost popuštanja kohezijskog spoja u masi konstatirana je za položaj P<sub>115kbJ2</sub>, a za položaj P<sub>115kbA2</sub> učestalost pojave nema značenja.

Rezultati odstupanja čvrstoće za P<sub>115kb<sub>4</sub></sub> (gr. 17.) nakon 4. godine starenja potvrđuju prosječni porast rezultata čvrstoće u iznosu od 1,38 Nm/g za položaje P<sub>115kbB4-I4</sub>. Prosječno smanjenje rezultata čvrstoće u iznosu od 3,36 Nm/g konstatirano je za položaj P<sub>115kbA4</sub> i P<sub>115kbJ4</sub>. Vrijednosti čvrstoće položaja (B-I) znatno su manje od vrijednosti FOGRA-e. Učestalost popuštanja adhezijskog spoja konstatirana je za položaj P<sub>115kbB4-I4</sub>, a učestalost popuštanja kohezijskog spoja za položaj P<sub>115kbA4</sub> i P<sub>115kbJ4</sub>, kao što je prikazano na histogramu (his. 45.). Odstupanje rezultata čvrstoće za P<sub>115kb</sub> (gr. 18.) pokazuje znatno povećanje rezultata čvrstoće tek nakon 4. godine starenja, iako su te vrijednosti daleko niže od vrijednosti FOGRA-e.

Optička snimka uzorka za P<sub>115kb<sub>x</sub></sub> (sl. 70.) pokazuje strukturalne promjene presjeka lista papira nakon ohrapavljenja. Rezultati širine presjeka iznose 82,56  $\mu\text{m}$ , 96,78  $\mu\text{m}$  i 98,04  $\mu\text{m}$ . Snimke potvrđuju složenost strukture papira, uključujući njegovu osnovnu kompoziciju i premazani sloj. Nepravilan oblik presjeka površine zadržan je nakon ohrapavljenja.

Nakon kidanja, optička snimka uzorka P<sub>115kbC0</sub> (sl. 71.) pokazuje neznatne promjene presjeka lista papira. Širine presjeka su 104,52  $\mu\text{m}$  i 136,19  $\mu\text{m}$  što je povećanje u odnosu na P<sub>115kb<sub>x</sub></sub>. Povećanje širine je nastalo zbog popuštanja adhezijskog spoja između osnovne strukture papira i površinskog sloja premaza. Na rubnom dijelu presjeka lista papira naslučuje se manjim dijelom djelomice oslobođeno vlakno.

Nakon 1. godine starenja provedeno je kidanje uzorka P<sub>115kbF1</sub> (sl. 72.), širine presjeka iznose 99,54  $\mu\text{m}$  i 100,75  $\mu\text{m}$  što je smanjenje u odnosu na P<sub>115kbC0</sub>. To smanjenje je nastalo zbog utjecaja vlage na papir. Površinski premaz papira upija vlagu[19], ekspanzija vlakna kroz debljinu papira postoji, ali ne utječe na povećanje širine presjeka lista papira. Ta

tvrdnja se može potkrijepiti mikroskopskom snimkom na kojoj se primjećuju manji broj dijelomice oslobođenih vlakana.

Nakon 2. godine starenja provedeno je kidanje uzorka P<sub>115kb<sub>D2</sub></sub> (sl. 73.), širine presjeka iznose 77,57 μm, 130,26 μm i 154,99 μm što je povećanje u odnosu na P<sub>115kb<sub>F1</sub></sub>. Povećanje širine je rezultat ekspanzije vlakana u papiru. Povećanjem promjera vlakana povećava se debljina papira kao što pokazuje mikroskopska snimka P<sub>115kb<sub>D2</sub></sub>. Također je znatnije odvajanje vlakana kroz debljinu papira u odnosu na ostale uzorke.

Nakon 4. godine starenja provedeno je kidanje, uzorka P<sub>115kb<sub>C4</sub></sub> (sl. 74.), širina presjeka iznosi 131,31 μm što je smanjenje u odnosu na P<sub>115kb<sub>D2</sub></sub>. Zbog daljnjeg utjecaja vlage na papir ekspanzija vlakana još uvijek postoji što se može vidjeti na mikroskopskoj snimci. Nakon kidanja, manjim dijelom slobodna vlakna „strše“ kroz debljinu lista papira.

Digitalna snimka uzorka P<sub>115kb<sub>x</sub></sub> nakon ohrapavljenja hrpta knjižnog bloka (sl. 75.) potvrđuje njegovu karakterističnu hrapavost. Digitalna snimka uzorka P<sub>115kb<sub>x</sub></sub> (sl. 76.) pokazuje površinu linije uvezivanja, gdje su urezi relativno pravilnog oblika. Vlakna su neznatnim dijelom odvojena od strukture papira.

Nakon kidanja, digitalna snimka uzorka P<sub>115kb<sub>I0</sub></sub> (sl. 77.) potvrđuje odvajanje lista papira u cijelosti, bez naznaka popuštanja adhezijskog sloja između sloja premaza i osnovne strukture papira. Suprotno tome, digitalna snimka uzorka P<sub>115kb<sub>J0</sub></sub> (sl. 78.) pokazuje znatno odvajanje vlakana iz papira.

Nakon kidanja, digitalna snimka uzorka P<sub>115kb<sub>I1</sub></sub> (sl. 79.) pokazuje površinu linije uvezivanja nakon 1. godine starenja. Postoje tek male naznake popuštanja kohezijske veze između sloja premaza i osnovne strukture papira. Digitalna snimka uzorka P<sub>115kb<sub>A1</sub></sub> (sl. 80.) predočava znatno popuštanje adhezijskog spoja, a velik broj djelomično oslobođenih vlakana „strši“ iz lista papira. Potvrđeno je lomljenje njegove strukture.

Nakon kidanja, digitalna snimka uzorka P<sub>115kb<sub>B2</sub></sub> (sl. 81.) pokazuje površinu linije uvezivanja nakon 2. godine starenja. Popuštanje kohezijskog spoja u sloju premaza konstatirano je samo djelomično i vidljivo je kao odsječak na liniji uvezivanja. Digitalna snimka uzorka P<sub>115kb<sub>J2</sub></sub> (sl. 82.) prikazuje popuštanje adhezijskog spoja, a odvajanje površine sloja premaza znatno je manje nego nakon 1. godine starenja.

Nakon kidanja, digitalna snimka uzorka P<sub>115kb<sub>B4</sub></sub> (sl. 83.) prikazuje površinu linije uvezivanja nakon 4. godine starenja. Nepravilnost oblika odsječka konstatirana je na liniji uvezivanja. Intenzivnije popuštanje adhezijskog spoja konstatirano je na mjestu odvajanja osnovne strukture papira od sloja premaza. Vlakna su djelomično odvojena od strukture papira. Digitalna snimka uzorka P<sub>115kb<sub>A4</sub></sub> (sl. 84.) prikazuje neznatno popuštanje

adhezijskog spoja. Odvajanje površine sloja premaza gotovo je jednako kao nakon 2. godine starenja.

#### **5.4. ANALIZA REZULTATA ČVRSTOĆE SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE ZA PAPIR P\_150**

Na temelju provedene statističke analize, na grafikonu (gr. 19.) je prikazana slaba povezanost čvrstoće knjižnog bloka i starenja. Pozitivna korelacija ( $r = 0,32$ ) dobivena je na temelju rezultata aritmetičke sredine čvrstoće knjižnog bloka [1-10]. Rezultati čvrstoće slijepljenog spoja (A-J) prikazani su radi utvrđivanja odstupanja čvrstoće s obzirom na položaj lista papira u knjižnom bloku.

Rezultati vizualne procjene za položaje lista papira P\_150kb<sub>A</sub> i P\_150kb<sub>J</sub> prikazani su na histogramu (his. 46. i 55.). Konstatirana je učestalost popuštanja kohezijskog spoja u masi papira za sve periode starenja, što se moglo i očekivati zbog straničnog lijepljenja lista papira. Nadalje, popuštanje adhezijskog spoja na međupovršini konstatirano je također za sve periode starenja. Učestalost popuštanja adhezijske veze konstatirana je za položaje P\_150kb<sub>B-I</sub> za sve periode starenja, kao što je prikazano na histogramima (his. 47.-54.). Rezultati mjerenja kumulativa potvrđuju jednaku učestalost popuštanja adhezijskog spoja za P\_150kb za sve godine starenja (his. 56.).

Rezultati odstupanja čvrstoće slijepljenog spoja od FOGRA-e za P\_150kb<sub>0</sub> prikazani su na grafikonu (gr. 20.). Vrijednosti čvrstoće slijepljenog spoja za položaje papira N\_150kb<sub>B0-10</sub> znatno su niže od vrijednosne ocjene FOGRA-e (4,40 N/mg). Povećanje rezultata čvrstoće za položaj P\_150kb<sub>A0</sub> i P\_150kb<sub>J0</sub> objašnjava se na temelju straničnog lijepljenja lista papira. Svojstva papira utječu na minimalne devijacije rezultata čvrstoće za sve položaje P\_150kb<sub>B0-10</sub>. Peterostruko smanjenje čvrstoće knjižnog bloka konstatirano je s obzirom na rezultat čvrstoće lista papira P\_150 (20,94 Nm/g). Rezultati vizualne procjene učestalosti popuštanja adhezijskog odnosno kohezijskog spoja za P\_150kb<sub>0</sub> prikazani su na histogramu (his. 57.). Učestalost popuštanja adhezijskog spoja konstatirana je za položaje P\_150kb<sub>B0-10</sub>. Suprotno tome, popuštanje kohezijskog spoja u masi papira konstatirano je za P\_150kb<sub>A0</sub> i P\_150kb<sub>J0</sub>. Rezultati odstupanja čvrstoće za P\_150kb<sub>1</sub> (gr. 21.) nakon 1. godine starenja pokazuju prosječno smanjenje čvrstoće u iznosu od 0,70 Nm/g za položaje P\_150kb<sub>B1-11</sub>. Neznatno povećanje odnosno smanjenje rezultata čvrstoće za položaj P\_150kb<sub>A1</sub> i P\_150kb<sub>J1</sub> rezultat je istezanja papira odnosno površinske delaminacije premazanog papira. Razlika rezultata mjerenja istezanja papira  $\varepsilon_1$  i  $\varepsilon_0$  iznosi 0,03%. Na histogramu (his. 58.) je zabilježena

učestalost popuštanja adhezijskog spoja za položaje P<sub>150kb<sub>B1-I1</sub></sub>. Učestalost popuštanja kohezijskog spoja u masi papira konstatirana je samo za položaj P<sub>150kb<sub>A1</sub></sub> i P<sub>150kb<sub>J1</sub></sub>.

Rezultati odstupanja čvrstoće za P<sub>150kb<sub>2</sub></sub> (gr. 22.) nakon 2. godine starenja pokazuju prosječno smanjenje čvrstoće u iznosu od 2,65 Nm/g za položaj P<sub>150kb<sub>B2-D2</sub></sub>. Nadalje, neznatno smanjenje rezultata čvrstoće konstatirano je za položaj P<sub>150kb<sub>J2</sub></sub>, odnosno neznatno povećanje za položaj P<sub>150kb<sub>A2</sub></sub>. Razlika rezultata mjerenja istezanja papira  $\varepsilon_2$  i  $\varepsilon_1$  iznosi 0%, dakle nije potvrđeno njegovo istezanje pri djelovanju vlačne sile. Na histogramu (his. 59.) je zabilježena učestalost popuštanja adhezijskog spoja za položaj P<sub>150kb<sub>B2-I2</sub></sub>. Učestalost popuštanja kohezijskog spoja u masi papira konstatirana je za položaj P<sub>150kb<sub>A2</sub></sub> i P<sub>150kb<sub>J2</sub></sub>. Rezultati odstupanja čvrstoće za P<sub>150kb<sub>4</sub></sub> (gr. 23.) nakon 4. godine starenja potvrđuju prosječni porast rezultata čvrstoće u iznosu od 5,66 Nm/g za položaje P<sub>150kb<sub>B4-I4</sub></sub>. Prosječno smanjenje rezultata čvrstoće u iznosu od 0,59 Nm/g konstatirano je za položaj P<sub>150kb<sub>A4</sub></sub> i P<sub>150kb<sub>J4</sub></sub>. Vrijednosti čvrstoće položaja (B-I) manje su od vrijednosti FOGRA-e. Učestalost popuštanja adhezijskog spoja konstatirana je za položaj P<sub>150kb<sub>B4-I4</sub></sub>, a učestalost popuštanja kohezijskog spoja za položaje P<sub>150kb<sub>A4</sub></sub> i P<sub>150kb<sub>J4</sub></sub>, kao što je prikazano na histogramu (his. 60.). Odstupanje rezultata čvrstoće za P<sub>150kb</sub> (gr. 24.) pokazuje neznatno povećanje vrijednosti rezultata čvrstoće tek nakon 4. godine starenja, iako su te vrijednosti manje od vrijednosti FOGRA-e.

Optička snimka uzorka za P<sub>150kb<sub>x</sub></sub> (sl. 85.) pokazuje značajne promjene na površini presjeka lista papira nakon ohrapavljenja. Rezultati širine presjeka iznose 116,11  $\mu\text{m}$  i 194,11  $\mu\text{m}$  i također je znatnije odvajanje vlakna kroz debljinu papira.

Nakon kidanja, optička snimka uzorka P<sub>150kb<sub>B0</sub></sub> (sl. 86.) pokazuje promjene na presjeku lista papira. Širine presjeka su 134,26  $\mu\text{m}$  i 172,94  $\mu\text{m}$ , promjene nemaju osobit značaj u odnosu na P<sub>150kb<sub>x</sub></sub>. Isto tako manje je odvajanje vlakana kroz debljinu papira.

Nakon 1. godine starenja provedeno je kidanje uzorka P<sub>150kb<sub>I1</sub></sub> (sl. 87.), širine presjeka iznose 127,72  $\mu\text{m}$  i 173,25  $\mu\text{m}$  isto tako nema promjene u odnosu na P<sub>150kb<sub>B0</sub></sub>. Na površini se zamjećuje znatno veći broj dijelom oslobođenih vlakana kroz debljinu papira. Ta vlakna su se oslobodila zbog smanjenja adhezijskog spoja između osnovne kompozicije papira i površinskog premaza je je papir upio vlagu.

Nakon 2. godine starenja provedeno je kidanje uzorka P<sub>150kb<sub>C2</sub></sub> (sl. 88.) širina presjeka iznosi 181,91  $\mu\text{m}$ . Povećanje širine je tek neznatno u odnosu na P<sub>150kb<sub>I1</sub></sub>. Na površini presjeka znatno je manji broj vlakana što je i za očekivati jer je osnovna kompozicija papira upila vlagu, vlakna su elastičnija pa nije došlo do njihovog cijepanja.

Nakon 4. godine starenja provedeno je kidanje uzorka P\_150kb<sub>C4</sub> (sl. 89.) širine presjeka iznose 116,56 µm i 138,18 µm. Smanjena je širina presjeka u odnosu na P\_150kb<sub>C2</sub>. Papir je upio veliku količinu vlage i došlo je do znatnog popuštanja adhezijskog spoja između osnovne strukture papira i površinskog premaza.

Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>x</sub> nakon ohrapavljenja hrpta knjižnog bloka (sl. 90.) potvrđuje njegovu karakterističnu hrapavost. Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>x</sub> (sl. 91.) prikazuje površinu linije uvezivanja, gdje su vlakna samo manjim dijelom izdvojena iz strukture papira. Potvrđeno je popuštanje adhezijskog spoja sloja premaza i osnovne strukture papira.

Nakon kidanja, digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>B0</sub> (sl. 92.) potvrđuje odvajanje lista papira u cijelosti, s naznakom popuštanja adhezijskog spoja između sloja premaza i osnovne strukture papira. Suprotno tome, digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>J0</sub> (sl. 93.) prikazuje znatno odvajanje vlakana iz papira i popuštanja adhezijskog spoja površinskog premaza. Segmenti površinskog sloja premaza potvrđeni su na mjestu linije uvezivanja.

Nakon kidanja, digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>I1</sub> (sl. 94.) prikazuje površinu linije uvezivanja nakon 1. godine starenja. Popuštanje kohezijskog spoja između sloja premaza i osnovne strukture papira rezultat je istezanja površinskog sloja premaza od osnovne strukture papira. Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>J1</sub> (sl. 95.) prikazuje znatno popuštanje adhezijskog spoja sloja premaza i velik je broj djelomično oslobođenih vlakana. Mreža isprepletenih vlakana s elementima ostataka sloja premaza primjećuje se na površini linije uvezivanja.

Nakon kidanja, digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>C2</sub> (sl. 96.) pokazuje površinu linije uvezivanja nakon 2. godine starenja. Popuštanje kohezijskog spoja u sloju premaza konstatirano je na osnovi djelomičnog odvajanja manjeg broja vlakana iz strukture papira. Struktura papira je gotovo u cijelosti zadržana, bez naznaka kidanja pojedinih dijelova strukture papira, što je potvrđeno nakon 1. i 2. godine starenja. Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>J2</sub> (sl. 97.) prikazuje smanjenje popuštanja adhezijskog spoja sloja premaza uz manji broj djelomično oslobođenih vlakana. Osnovna kompozicija papira isprepletene mreže vlakana i dalje je manjim dijelom vidljiva na površini linije uvezivanja.

Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>B4</sub> (sl. 98.) potvrđuje odvajanje lista papira u cijelosti, bez naznaka popuštanja kohezijskog spoja premaza. Pojedina su vlakna i dalje djelomično odvojena od strukture papira. Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>J4</sub> (sl. 99.) prikazuje ponovno, ali neznatno veće popuštanje adhezijskog spoja sloja premaza. Djelomično oslobođena vlakna sada su znatno duža i ne postoji tendencija lomljenja površinskog premaza, kao što je potvrđeno u prethodnim slučajevima.

## 5.5. ANALIZA REZULTATA ČVRSTOĆE SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE ZA PAPIR V\_80

Na temelju provedene statističke analize, na grafikonu (gr. 25.) je zabilježena velika povezanost čvrstoće knjižnog bloka i starenja. Pozitivna korelacija ( $r = 0,62$ ) dobivena je na temelju rezultata aritmetičke sredine čvrstoće knjižnog bloka [1-10]. Rezultati čvrstoće slijepljenog spoja (A-J) prikazani su radi utvrđivanja odstupanja čvrstoće s obzirom na položaj lista papira u knjižnom bloku.

Rezultati vizualne procjene za  $V_{80kb_A}$  i  $V_{80kb_J}$  prikazani su na histogramu (his. 61. i 70.). Konstatirana je učestalost popuštanja kohezijskog spoja u masi papira za sve periode starenja, što se moglo i očekivati zbog straničnog lijepljenja lista papira. Učestalost popuštanja adhezijskog spoja konstatirana je za položaj  $V_{80kb_{C-D}}$  nakon uvezivanja i 1. godine starenja, a za položaj  $V_{80kb_I}$  nakon 0, 1. i 2. godine starenja (his. 63.- 65. i his. 69.). Učestalost popuštanja kohezijskog spoja u masi papira utvrđena je za položaje  $V_{80kb_B}$ ,  $V_{80kb_{F-H}}$  za sve vremenske intervale, kao što je prikazano na histogramima (his. 62., 66.- 68.). Na temelju rezultata kumulativa konstatirano je popuštanje kohezijskog spoja u masi papira za sve položaje (A-J) nakon 4. godine starenja (his. 71.).

Rezultati FOGRA-e za odstupanja čvrstoće slijepljenog spoja kod  $V_{80kb_0}$  prikazani su na grafikonu (gr. 26.). Rezultati mjerenja čvrstoće za sve položaje (A-J) znatno su veći od vrijednosti čvrstoće koju propisuje FOGRA (8,25 Nm/g). Povećanje rezultata čvrstoće za položaj  $V_{80kb_{A0}}$  i  $V_{80kb_{J0}}$  uzrokovano je straničnim lijepljenjem lista papira. Rezultat čvrstoće knjižnog bloka  $V_{80kb_{B0-10}}$  dvostruko je manji od rezultata čvrstoće lista papira  $V_{80}$  (19,91 Nm/g). Rezultati vizualne procjene učestalosti popuštanja adhezijskog odnosno kohezijskog spoja za  $V_{80kb_0}$  prikazani su na histogramu (his. 72.). Konstatirana je učestalost popuštanja kohezijskog spoja u masi papira za položaje  $V_{80kb_{A0-H0}}$  i  $V_{80kb_{J0}}$ . Popuštanje adhezijskog spoja konstatirano je za položaj  $V_{80kb_{I0}}$ .

Rezultati odstupanja čvrstoće za  $V_{80kb_1}$  (gr. 27.) nakon 1. godine starenja pokazuju prosječno smanjenje čvrstoće za 1,30 Nm/g. Razlika rezultata mjerenja istezanja papira  $\varepsilon_1$  i  $\varepsilon_0$  iznosi 0,04%. Znatno smanjenje rezultata čvrstoće konstatirano je za položaje  $V_{80kb_{H1}}$  i  $V_{80kb_{I1}}$ . Rezultati čvrstoće ostalih položaja veći su od rezultata FOGRA-e. Učestalost popuštanja kohezijskog spoja u masi papira utvrđena je za sve položaje (A-J), kao što je prikazano na histogramu (his. 73.).

Rezultati odstupanja čvrstoće za  $V_{80kb_2}$  (gr. 28.) nakon 2. godine starenja potvrđuju povećanje čvrstoće je u prosjeku za 1,88 Nm/g za položaj  $V_{80kb_{C2-I2}}$ . Smanjenje rezultata čvrstoće u prosjeku za 0,62 Nm/g utvrđeno je za položaje  $V_{80kb_{A2-B2}}$  i  $V_{80kb_{J2}}$ . Razlika



rezultata mjerenja istezanja papira  $\varepsilon_2$  i  $\varepsilon_1$  iznosi 0,20%. Rezultati čvrstoće za sve položaje (A-J) veći su od vrijednosti FOGRA-e. Znatno veća učestalost popuštanja kohezijskog spoja u papiru utvrđena je za sve položaje listova papira, kao što je prikazano na histogramu (his. 74.).

Rezultati odstupanja čvrstoće za V\_80kb<sub>4</sub> (gr. 29.) nakon 4. godine starenja potvrđuju povećanje čvrstoće u prosjeku za 2,23 Nm/g za položaj V\_80kb<sub>D4-J4</sub> i V\_80kb<sub>A4-B4</sub>. Smanjenje rezultata čvrstoće iznosi u prosjeku 1,03 Nm/g za položaj V\_80kb<sub>C4</sub> i V\_80kb<sub>H4</sub>. Rezultati čvrstoće svih položaja znatno su veći od rezultata FOGRA-e. Konstatirana je maksimalna učestalost popuštanja kohezijskog spoja u masi papira za sve položaje (A-J) u knjižnom bloku (his. 75.).

Odstupanje rezultata čvrstoće za V\_80kb (gr. 30.) potvrđuje znatne promjene vrijednosti rezultata čvrstoće bez obzira na položaj (A-J) za sve godine starenja. Potvrđene su znatne promjene rezultata čvrstoće samo nakon 1. godine starenja.

Optička snimka uzorka za V\_80kb<sub>x</sub> (sl. 100.) pokazuje strukturalnu promjenu presjeka lista papira nakon ohrapavljenja. Rezultati mjerenja širine presjeka iznose 125  $\mu\text{m}$  i 108,85  $\mu\text{m}$ . Snimke potvrđuju veliku zastupljenost vlaknana kroz cijelu debljinu lista papira.

Nakon kidanja, optička snimka uzorka V\_80kb<sub>E0</sub> (sl. 101.) pokazuje znatne promjene na površini presjeka lista papira. Rezultati mjerenja iznose 123,84  $\mu\text{m}$  i 145,79  $\mu\text{m}$  što je povećanje u odnosu na V\_80kb<sub>x</sub>. Unutrašnje cijepanje papira nije istog intenziteta kroz visinu presjeka površine.

Nakon 1. godine starenja provedeno je kidanje uzorka V\_80kb<sub>E1</sub> (sl. 102.) širine presjeka iznose 250,91  $\mu\text{m}$  i 211,56  $\mu\text{m}$  što je povećanje u odnosu na V\_80kb<sub>E0</sub>. A to povećanje je nastalo uslijed ekspanzije vlakna kroz debljinu papira. Elastična svojstva vlakna smanjila su unutrašnje cijepanje papira što se vidi i na mikroskopskoj snimci.

Nakon 2. godine starenja provedeno je kidanje uzorka V\_80kb<sub>H2</sub> (sl. 103.) širina presjeka iznosi 350,45  $\mu\text{m}$  što je znatno povećanje u odnosu na V\_80kb<sub>E1</sub>. Povećanje je nastalo zbog ekspanzije vlakna u papiru, te je veliki broj dijelom oslobođenih vlakana koji ispunjava presjek površine lista papira.

Nakon 4. godine starenja provedeno je kidanje, uzorka V\_80kb<sub>H4</sub> (sl. 104), širina presjeka iznosi 161,27  $\mu\text{m}$  što je znatno smanjenje širine u odnosu na V\_80kb<sub>H2</sub>. Tomu je razlog popuštanje kohezijskog spoja u masi papira jer je došlo do propadanja hemiceluloza i lignina pod utjecajem visoke vlage u papiru.

Digitalna snimka uzorka V\_80kb<sub>x</sub> nakon ohrapavljenja hrpta knjižnog bloka (sl. 105.) potvrđuje njegovu karakterističnu hrapavost. Digitalna snimka uzorka V\_80kb<sub>x</sub> (sl. 106.)

pokazuje površinu linije uvezivanja na kojoj su uočena vlakna jednim dijelom odvojena od strukture papira. Nepravilan oblik njegove površine rezultat je ohrapavljenja.

Nakon kidanja, digitalna snimka uzorka V\_80kb<sub>F0</sub> (sl. 107.) prikazuje unutarnje cijepanje lista papira jer su dijelom odvojena vlakna znatno kraća. Suprotno tome, digitalna snimka uzorka V\_80kb<sub>J0</sub> (sl. 108.) prikazuje da su se vlakna produljila, što je posljedica djelovanja vlačne sile naprezanja lista papira koji je stranično lijepljen. Popuštanje kohezijskog spoja u masi papira je potvrđeno. Nakon kidanja, digitalna snimka uzorka V\_80kb<sub>J1</sub> (sl. 109.) prikazuje površinu linije uvezivanja nakon 1. godine starenja. Potvrđeno je unutarnje cijepanje lista papira uz neznatno produljenje vlakana. Nakon kidanja, digitalna snimka uzorka V\_80kb<sub>J2</sub> (sl. 110.) prikazuje ponovno popuštanje kohezijskog spoja u masi papira, a vlakna djelomično izdvojena iz strukture papira dulja su. Nakon kidanja, digitalna snimka uzorka V\_80kb<sub>A4</sub> (sl. 111.) prikazuje povećanu učestalost pojavljivanja vlakana većim dijelom oslobođenih iz strukture papira

## **5.6. ANALIZA REZULTATA SVOJSTAVA PAPIRA U FUNKCIJI VALORIZACIJE I EVALUACIJE PROMJENE ČVRSTOĆE SLIJEPLJENOG SPOJA S OBZIROM NA STARENJE**

Nastajanje fizikalnih promjena u papiru posljedica je njegova starenja u uvjetima visoke relativne vlažnosti zraka. Stoga su svojstva papira relevantan čimbenik u valorizaciji i evaluaciji čvrstoće slijepljenog spoja. Valorizacija čvrstoće zasnovana je na općim, površinskim, kemijskim, strukturalnim i mehaničkim svojstvima papira (his. 76.-81.). Vrijednosti rezultata mjerenja svojstava papira razlikuju se s obzirom na njegovu nomenklaturu. Stoga je valorizacija rezultata svojstava papira relevantan čimbenik pri promatranju rezultata čvrstoće slijepljenog spoja nakon uvezivanja (his. 76.).

Svojstva papira izravno utječu na karakteristike površine presjeka lista papira nakon ohrapavljenja. Nadalje, karakterističan oblik površine presjeka linije uvezivanja ovisi o svojstvima papira. Dakle, površinska svojstva papira utječu na jačinu fizičkog kontakta. Nepremazani bezdrvni papiri N\_80 i N\_100 iste vrste korišteni su za izradu meko uvezane lijepljene knjige. Na temelju uspoređivanja rezultata konstatirano je kako je čvrstoća slijepljenog spoja za papir N\_80 veća samo za 3,65% nego kod papira N\_100. Povećanje površinske hrapavost papira je primaran faktor utjecaja na povećanje rezultata čvrstoće, tako je površinska hrapavost nepremazanob papira N\_80 veća za 27,80% u odnosu na N\_100. Suprotno tome, konstatirano je da su važni parametri utjecaja na smanjenje rezultata čvrstoće postotni udjel CaCO<sub>3</sub> i pepela u papiru, koji je veći za 40,28% i 13% u odnosu na papir N\_80.

Nadalje, iako je sadržaj anorganskih čestica visok za papir N\_100, rezultati mjerenja čvrstoće daleko su iznad vrijednosne ocjene FOGRA-e. Povećanje vrijednosti čvrstoće utvrđeno je na temelju povećanja debljine papira koja je veća za 30,86% u odnosu na N\_80.

Trostruko premazani bezdrveni papir P\_150 (mat) i P\_115 (sjajni) istog proizvođača korišteni su za izradu lijepjenog spoja. Na temelju uspoređivanja rezultata konstatirano je kako je čvrstoća slijepljenog spoja za papir P\_150 veća samo za 2,50% nego kod papira P\_115. Povećanje rezultata čvrstoće za P\_150 je razlog povećanja njegove površinske hrapavosti koja je veća 1,27 puta u odnosu na P\_115 ali isto tako i zbog povećanja debljine papira koja je veća za 53,98% u odnosu na P\_115.

Nepremazani papiri različitih gramatura koji su pokazali najbolje rezultate čvrstoće uspoređeni su međusobno za potrebe utvrđivanja relevantnih parametara utjecaja na promjenu čvrstoće slijepljenog spoja. Visoke vrijednosti rezultata mjerenja čvrstoće knjižnog bloka pokazuju nepremazani bezdrveni papir N\_80 i voluminozni papir V\_80. Čvrstoća slijepljenog spoja za V\_80 veća je samo za 3,42% u odnosu na N\_80. Konstatirana je veća debljina papira (33,02%), volumen papira (34,23%) i površinska hrapavost (1,14x) za V\_80 u odnosu na N\_80. Iz toga slijedi činjenica da površinska hrapavost, volumen i debljina papira utječu na povećanje čvrstoće slijepljenog spoja.

Dimenzionalna stabilnost određene vrste papira različita je i ovisna o njegovoj površinskoj upojnosti. Mehaničke promjene papira posljedica su njegove dimenzionalne promjene zbog povećanja vlage u papiru. Karakteristična dimenzionalna promjena papira uzrokuje ekspanziju vlakna u njegovu poprečnom smjeru. Iz toga slijedi činjenica da povećanje čvrstoće slijepljenog spoja utječe na istezanje papira u njegovom poprečnom smjeru. Rezultat mjerenja površinske upojnosti određene vrste papira relevantan je parametar utjecaja u valorizaciji čvrstoće slijepljenog spoja nakon starenja. Konstatirano je kako je površinska upojnost papira N\_80 veća za 33,32% od površinske upojnosti papira N\_100. Isto tako, utvrđeno je njezino neznatno povećanje za papir P\_115 za 10,89% u odnosu na papir P\_150. Utvrđeno je da je površinska upojnost papira N\_80 za 48,07% veća od upojnosti voluminoznog papira V\_80. Iz toga slijedi da papir N\_80 ima tendenciju promjene mehaničkih svojstava nakon starenja. Nadalje, na temelju uspoređivanja rezultata kapilarne upojnosti papira konstatirano je da ekspanzija vlakna nema primaran utjecaj na promjenu rezultata čvrstoće slijepljenog spoja nakon starenja. Trostruko premazani mat papir P\_150 pokazuje za 6,60% veću kapilarnu upojnost od trostruko premazanog sjajnog papira P\_115. Povećanje rezultata kapilarne upojnosti papira<sub>CD</sub> posljedica je poroznih karakteristika anorganskih čestica CaCO<sub>3</sub> u površinskom premazu mat papira.[19]

Rezultat standardne devijacije čvrstoće određene vrste papira određena je prije i nakon starenja. Opća, kemijska, površinska i mehanička svojstva papira utječu na devijaciju rezultata čvrstoće. Konstatirano je da su važni parametri utjecaja na čvrstoću slijedeći: otpornost papira prema kidanju, prema vlačnom naprezanju, prema cijepanju, prema istezanju i krutost papira. Uspoređivanjem rezultata mehaničkih svojstava papira konstatirano je da premazani papiri P\_115 i P\_150 pokazuju znatno niže vrijednosti devijacija čvrstoće prije starenja. Nadalje, premazani papiri pokazuju veći otpor prema unutrašnjem cijepanju što je doprinijelo smanjenju vrijednosti devijacije čvrstoće. Voluminozni papir V\_80 ima znatno veću vrijednost devijacije čvrstoće zato jer je podložan unutrašnjem cijepanju.

Različit je utjecaj vlage na određenu vrstu papira što pokazuju i vrijednosti devijacije čvrstoće. Papir N\_100 i P\_115 imaju gotovo jednak modul elastičnosti ali nakon starenja nepremazani papir P\_100 pokazuje višu vrijednost devijacije čvrstoće nego premazani papir P\_115. Svojstva površinskog premaza, svojstva vlakna, udjel anorganskih čestica i stupanj keljenja papira utječu na krutost papira.

Istezanja papira P\_150 nakon starenja nema, niske su vrijednosti devijacija čvrstoće iako je modul elastičnosti papira niži u odnosu na P\_115. Osnovna kompozicija ispreletene mreže vlakana ostala je nepromijenjena nakon starenja.

Papiri N\_80 i V\_80 su pokazali znatnije povećanje vrijednosti devijacija čvrstoće u odnosu na ostale papire jer su se ovi papiri najviše istezali nakon starenja. Primjećuje se kako je povećanje vrijednosti devijacije čvrstoće utvrđeno samo za manje gramature različite vrste papira. Isto tako se može konstatirati da niži rezultat modula elastičnosti papira utječe na povećanje vrijednosti devijacija čvrstoće.

### **5.6.1. Analiza rezultata čvrstoće slijepljenog spoja s obzirom na položaj (A-J) u knjižnom bloku**

Na temelju provedenog istraživanja utvrđeno je da opća, kemijska i površinska svojstva papira utječu na promjenu rezultata čvrstoće slijepljenog spoja. Nadalje, utvrđeno je da tehnologijska rješenja ove metode uvezivanja nisu u funkciji postizanja optimalnog adhezijskog spajanja svih vrsta papira. Utvrđene su promjene rezultata čvrstoće za sve položaje (A-J) u knjižnom bloku. Iz toga slijedi zaključak da je hrapavost površine presjeka lista papira neujednačena. Utvrđeno je da hrapavost površine presjeka pojedinačnog lista papira nije jedinstvena. Tehnologijska rješenja stroja nemaju mogućnost unifikacije hrapavosti površine za sve položaje u knjižnom bloku. Iz toga slijedi zaključak da rezultat čvrstoće ovisi o položaju lista papira u knjižnom bloku. Dakle, može se zaključiti da individualna uvezna jedinica znatno utječe na promjenu ukupnog rezultata čvrstoće knjižnog bloka. Nadalje, na temelju provedenih statističkih metoda valorizacije promjene čvrstoće s obzirom na položaj pojedinačnog lista papira u knjižnom bloku, utvrđeno je da se pojavljuje „sedlasti oblik krivulje“ čvrstoće slijepljenog spoja prije starenja. Iz toga proizlazi zaključak da tehnološka rješenja stroja ne mogu ostvariti jednake vrijednosti rezultata čvrstoće slijepljenog spoja. Na temelju provedenih istraživanja utvrđeno je da povećanje otpornosti papira na kidanje pridonosi postizanju ujednačene hrapavosti površine presjeka pojedinačnog lista papira za sve položaje u knjižnom bloku.

### **5.6.2. Uspoređivanje rezultata širine presjeka lista papira u svrhu valorizacije čvrstoće slijepljenog spoja**

Na temelju provedenog istraživanja utvrđena je promjena presjeka lista papira. Utvrđeno je da je promjena rezultata širine presjeka nastala zbog prijenosa opterećenja iz adhezijskog spoja u list papira. Nadalje, zaključuje se da povećanje rezultata širine presjeka lista papira N<sub>80kb<sub>x</sub></sub> (332,22 μm) izravno pridonosi povećanju rezultata čvrstoće slijepljenog spoja. Rezultat širine presjeka uspoređen je s rezultatom debljine lista papira (his. 79.). Iz toga slijedi zaključak da povećanje rezultata širine presjeka izravno pridonosi povećanju površine fizičkih kontakata odnosno lijepljenja. Nakon kidanja, dobiven je 70% manji rezultat širine presjeka lista papira N<sub>80kb<sub>10</sub></sub> (99,36 μm). Iz toga slijedi zaključak da je smanjenje rezultata širine presjeka posljedica djelovanja dvaju relevantnih čimbenika. Prvi čimbenik je tehnološki i odnosi se na prešanje hrpta knjige, a drugi relevantan čimbenik je vlačna sila naprezanja koja uzrokuje unutarnje cijepanje lista papira. Nakon 1. godine starenja povećanje rezultata za papir N<sub>80kb<sub>11</sub></sub> (113,49 μm) je 14% veće u odnosu na N<sub>80kb<sub>10</sub></sub>. Nakon 2. godine starenja,

povećanje rezultata za papir N\_80kb<sub>B2</sub> (123,03 μm) je 8% veće u odnosu na N\_80kb<sub>I0</sub>. Nakon 4. godine starenja, rezultati su se smanjili za 36% za papir N\_80kb<sub>B4</sub> (78,69 μm). Iz toga slijedi zaključak da postoji ovisnost čvrstoće slijepljenog spoja o dimenzionalnoj promjeni papira. Nadalje, utvrđeno je smanjenje rezultata širine presjeka nakon 4. godine starenja uzrokovano popuštanjem kohezijskog spoja u masi papira, izvan mjesta linije uvezivanja.

Povećanje rezultata širine nakon ohrapavljenja pokazuje list papira N\_100kb<sub>x</sub> (207,70 μm). Nakon kidanja, dobiven je 43% manji rezultat širine presjeka lista papira N\_100kb<sub>C0</sub> (116,86 μm). Nakon 1. godine starenja utvrđuje se smanjenje od 25% kod rezultata širine presjeka za papir N\_100kb<sub>I1</sub> (87,72 μm). Nakon 2. godine starenja, uočeno je dvostruko povećanje rezultata za papir N\_100kb<sub>E2</sub> (185,94 μm). Nakon 4. godine starenja rezultati širine presjeka za papir N\_100kb<sub>G4</sub> (104,75 μm) smanjili su se za 43%. Iz toga slijedi zaključak da je dimenzionalna promjena papira pridonijela povećanju rezultata širine presjeka tek nakon 2. godine starenja. Nadalje, smanjenje rezultata nakon 4. godine posljedica je popuštanja kohezijskog spoja u masi papira jer je došlo do degradacije vlakana.

Povećanje rezultata širine nakon ohrapavljenja pokazuje list papira P\_115kb<sub>x</sub> (92,46 μm). Nakon kidanja, utvrđeno je da se rezultat širine presjeka lista papira P\_115kb<sub>C0</sub> (120,35 μm) povećao za 30%. Nakon 1. godine starenja utvrđeno je smanjenje rezultata širine presjeka za papir P\_115kb<sub>F1</sub> (107,64 μm) za 10%. Nakon 2. godine starenja, konstatirano je 10%-tno povećanje rezultata za papir P\_115kb<sub>D2</sub> (120,94 μm). Nakon 4. godine starenja, utvrđeno je 8%-tno povećanje rezultata za papir P\_115kb<sub>C4</sub> (131,31 μm). Iz toga slijedi zaključak da kemijska svojstva papira pridonose dimenzionalnoj stabilnosti papira. Nadalje, njegova kemijska svojstva izravno utječu na povećanje rezultata širine presjeka prije i nakon 4. godine starenja.

Povećanje rezultata širine nakon ohrapavljenja pokazuje list papira P\_150kb<sub>x</sub> (155,11 μm). Nakon kidanja, dobiven je gotovo jednak rezultat širine presjeka lista papira P\_150kb<sub>B0</sub> (153,60 μm). Nakon 1. godine starenja utvrđeno je da su se rezultati širine presjeka za papir P\_150kb<sub>I1</sub> (193,72 μm) povećali za 26%. Nakon 2. godine starenja utvrđeno je 6,5%-tno smanjenje rezultata za papir P\_150kb<sub>C2</sub>. Nakon 4. godine starenja, utvrđeno je 30%-tno smanjenje rezultata za papir P\_150kb<sub>C4</sub> (127,37 μm). Iz toga slijedi zaključak da debljina papira i njegov kemijski sastav (površinski premaz) izravno pridonose dimenzionalnoj stabilnosti papira prije i nakon starenja.

Povećanje rezultata širine nakon ohrapavljenja pokazuje list papira V\_80kb<sub>x</sub> (116,92 μm). Nakon kidanja, utvrđeno je 15%-tno povećanje rezultata širine presjeka lista papira V\_80kb<sub>E0</sub>

(134,81  $\mu\text{m}$ ). Nakon 1. godine starenja utvrđeno je da su se rezultati širine presjeka za papir V\_80kb<sub>E1</sub> (231,23  $\mu\text{m}$ ) povećali za 71%. Nakon 2. godine starenja utvrđeno je povećanje rezultata od 51% za papir V\_80kb<sub>H2</sub> (350,45  $\mu\text{m}$ ). Nakon 4. godine starenja, konstatirano je 54%-no smanjenje rezultata za papir V\_80kb<sub>H4</sub> (161,27  $\mu\text{m}$ ). Iz toga slijedi zaključak da struktura papira izravno utječe na povećanje rezultata širine presjeka nakon uvezivanja. Nadalje, kemijski sastav vlakna izravno utječe na promjenu njegove dimenzionalne stabilnosti kroz godine starenja. I na kraju popuštanje kohezijskog spoja u masi papira uzrokovano je propadanjem hemiceluloza i lignina pri utjecaju visoke vlage zraka na papir.

## 6. ZAKLJUČAK

Vrednovanje čvrstoće slijepljenog spoja pet vrsta papira provedena je kvantitativnom metodom i vizualnom procjenom. Cilj korištenih metoda u istraživačkom radu bio je utvrditi kvalitetu uveza lijepljene meko uvezane knjige. Nadalje, jedinstvena metoda uvezivanja „*perfect binding*“ i taljivo (hot-melt) ljepilo korišteni su s ciljem ispitivanja mogućnosti uvezivanja različite vrste papira (eng. *paper bindability*), kako bi se utvrdilo koji papir daje veću čvrstoću lijepljenoga spoja.

Metode slikovnog prikaza površine presjeka i površine na mjestu linije uvezivanja pojedinačnog lista papira korištene su radi procjene čvrstoće knjižnog bloka.

U istraživanju je praćena promjena čvrstoće knjižnog bloka ovisno o starenju pri utjecaju visoke relativne vlažnosti zraka. Vrijednosti rezultata čvrstoće s obzirom na položaj lista papira (A-J) korištene su za potrebe valorizacije promjene čvrstoće slijepljenog spoja kroz godine starenja.

Na temelju vrednovanja rezultata svojstava papira utvrđeni su relevantni čimbenici koji utječu na promjenu rezultata čvrstoće slijepljenog spoja. Nadalje, vizualno je procijenjen karakterističan oblik ureza na površini presjeka pojedinačnog lista papira koji također utječe na promjenu vrijednosti rezultata čvrstoće.

Zbog kemijske degradacije taljivog ljepila pri povišenoj temperaturi zraka, odlučeno je da se uzorci podvrgnu simulacijskom starenju pri maksimalnoj relativnoj vlažnosti zraka i minimalnoj temperaturi zraka (90%RH, 23°C) koju propisuje standard ISO 9142:2003(E). Razina kvalitete uveza knjige održala se nakon starenja.

Složen i sukcesivno definiran pristup valorizacije rezultata čvrstoće uključuje kvantitativnu analizu rezultata čvrstoće slijepljenog spoja i mikroskopsku analizu evaluacije površine presjeka i površine na mjestu linije uvezivanja nakon ohrapavljenja i nakon djelovanja vlačne sile prije i nakon starenja. Rezultati kvantitativne i vizualne metode usporedno su komentirani za potrebe utvrđivanja učestalosti popuštanja adhezijskog odnosno kohezijskog spoja u masi papira. Nadalje, na temelju valorizacije rezultata svojstava papira prije uvezivanja utvrđene su promjene rezultata čvrstoće slijepljenog spoja odnosno knjižnog bloka. Povezanost čvrstoće knjižnog bloka i starenja izravno ovisi o bitnim parametrima mehaničkih svojstava papira. Zbog fizikalnog starenja papira, dolazi do promjene čvrstoće knjižnog bloka.

Na temelju analize vrijednosti rezultata izravno su dokazane sljedeće činjenice:

- sjajni premazani sloj papira manje gramature pokazuje dvostruko manju površinsku hrapavost nego mat premazani sloj papira veće gramature, što je posljedica učestalosti



popuštanja adhezijskog spoja premaza i osnovne kompozicije papira za sve periode starenja. Kemijski sastav papira s obzirom na povećani sadržaj anorganskih čestica izravno utječe na smanjenje rezultata čvrstoće slijepljenog spoja. Konstatirano je popuštanje adhezijskog spoja izravno na mjestu linije uvezivanja. Rezultat čvrstoće slijepljenog spoja pet puta je manji u odnosu na čvrstoću papira;

- relevantni parametri utjecaja na povećanje čvrstoće knjižnog bloka su: hrapavost površine papira, gramatura, debljina i volumen papira;
- kemijski sastav vlakna utječe na promjenu površine fizičkog kontakta papira s ljepljivom. Dakle, postoji izravna funkcijska ovisnost čvrstoće lijepljenja o promjeni površine fizičkog kontakta na papiru;
- krutost papira, otpornost papira na vlačno naprezanje i cijepanje su parametri koji utječu na smanjenje vrijednosti standardne devijacije čvrstoće prije starenja knjižnog bloka. Većim istezanjem papira smanjuje se njegova krutost, a povećava se rezultat čvrstoće slijepljenog spoja i vrijednost standardne devijacije;
- postoji ovisnost čvrstoće slijepljenog spoja i površinske upojnosti papira nakon starenja;
- postoji ovisnost istezanja papira o kemijskom sastavu vlakna i postotnom udjelu anorganskih čestica u papiru i premazanom sloju;
- procjena trenda starenja čvrstoće knjižnog bloka ovisna je o širini presjeka površine lista papira. Svojstva papira prije i nakon starenja utječu na vrijednost širine presjeka;
- procjena trenda starenja čvrstoće neznatno je ovisna o učestalosti pojavljivanja vlakana kroz debljinu papira (širinu presjeka). Premazani papir se ljušti na mjestu adhezijskog spoja osnovne kompozicije papira i premazanog sloja. Unutrašnje cijepanje papira je neznatno i zato je slaba učestalost pojavljivanja vlakana.
- povećana učestalosti pojavljivanja vlakana kroz širinu presjeka (debljina) papira nakon starenja daje naznake kako je došlo do popuštanja kohezijskog spoja u masi papira. Do znatnog povećanja rezultata čvrstoće nakon starenja (samo za određene vrste papira) dolazi zbog istezanja i kidanja u masi papira;
- postoji ovisnost čvrstoće knjižnog bloka o smjeru vlakana u papiru jer ona podnose veća mehanička opterećenja i manja je njihova deformacija u poprečnom smjeru. Budući da je poprečni tok vlakana paralelan sa djelovanjem vlačne sile naprezanja rezultat čvrstoće je ovisan o mehaničkim svojstvima papira prije i nakon starenja.

Povećani volumena vlakna je karakteristične elastičnosti i takvo vlakno omogućuje prijenos opterećenja bez pojave loma u papiru;

- povećana učestalost popuštanja kohezijskog spoja u masi papira javlja se zbog smanjene krutosti slojevite mreže isprepletenih vlakana. Lom papira se javlja zbog nemogućnosti prijenosa vlačnog opterećenja kroz njegov presjek;
- kod nepremazanog papira manje gramature i debljine čvrstoća knjižnog bloka raste sa godinama starenja;
- kod nepremazanog papira veće gramature i debljine čvrstoća knjižnog bloka se neznatno smanjuje sa godinama starenja;
- kod premazanog papira (sjajni i mat) čvrstoća knjižnog bloka se povećava sa godinama starenja;
- kod voluminoznog papira iste gramature kao nepremazani papir čvrstoća knjižnog bloka raste sa godinama starenja. Znatno je veći porast čvrstoće knjižnog bloka u odnosu na nepremazane i premazane papire.
- visoka relativna vlažnost zraka uzrokovala je fizikalno starenje svih vrsta papira nakon 4. godine starenja jer je došlo do smanjenja mehaničkih svojstava hemiceluloza i lignina u vlaknu;
- visoka relativna vlažnost zraka (90%RH/23°C) izravno ne utječe na promjenu fizikalno-kemijskih svojstava termoplasta, stoga ne postoji ovisnost čvrstoće knjižnog bloka i taljivog ljepljiva nakon starenja;
- na temelju provedenih istraživanja može se zaključiti kako je hipoteza da postoji linearna ovisnost između čvrstoće lijepljenja knjižnoga bloka i starenja potvrđena za voluminozni papir V\_80, sjajni premazani papir P\_115, mat premazani papir P\_150 i nepremazani papir manje gramature N\_80. Iz dobivenih rezultata može se zaključiti kako postoji linearna ovisnost između čvrstoće lijepljenja knjižnog bloka i starenja s obzirom na njegov vremenski period (godine). Svi papiri su pokazali povećanje čvrstoće knjižnog bloka nakon 4. godine starenja. Najmanju tendenciju rasta čvrstoće pokazuju premazani papiri P\_115 (0,11 N/cm) i P\_150 (0,11 n/cm), srednju tendenciju rasta čvrstoće pokazuje nepremazani papir N\_80 (0,21 N/cm) dok najveću tendenciju rasta čvrstoće ima voluminozni papir V\_80 (0,49 N/cm).
- hipoteza nije potvrđena za nepremazani papir veće gramature N\_100 jer ne postoji linearna ovisnost između čvrstoće i godina starenja kao što utvrđeno kod ostalih vrsta

papira. Trend smanjenja čvrstoće knjižnog bloka za N<sub>100</sub> (-0,07 N/cm) utvrđeno je nakon 4. godine starenja;

- korištenje nepremazanog i voluminoznog papira s taljivim ljepilom garancija je optimalne čvrstoće knjižnog bloka kada se koristi „perfect binding“ metoda uvezivanja. Suprotno tome korištenje premazanih papira s taljivim ljepilom garancija je granične ili nezadovoljavajuće čvrstoće knjižnog bloka što je u stvari ukazuje na potrebu korištenja drugih vrsta ljepila koja imaju elastična svojstva (PUR, PVAc). Popuštanje adhezijskog spoja između sloja premaza i osnovne strukture papira znatno je smanjeno jer su sada elastična svojstva ljepila u funkciji prenošenja mehaničkih opterećenja na mjestu linije uvezivanja knjižnog bloka.

### ***Znanstveni doprinos:***

Primjena kvantitativne metode i vizualne evaluacije pokazala je kompleksnost problema u vrednovanju rezultata čvrstoće knjižnog bloka. Prema dostupnim podacima, ovo je prvo takvo istraživanje provedeno na mjestu linije uvezivanja pojedinačnog lista papira. Zbog toga ova doktorska disertacija predstavlja bitan pomak u karakterizaciji i definiranju širine presjeka i površine lista papira na mjestu uvezivanja. To je ujedno novi pristup u analizi mjesta linije uvezivanja u grafičkoj tehnologiji.

Znanstveni doprinos ove disertacije na području knjigoveške tehnologije posebice se očituje u proširenju područja razmatranja površine presjeka lista različite vrste papira. Današnja istraživanja na tom području većinom su usmjerena samo na praćenje promjene vrijednosti rezultata čvrstoće knjižnog bloka s obzirom na vrijednosti relevantnih parametara obrade hrpta knjižnog bloka. Stoga će ovaj rad znatno pridonijeti shvaćanju i karakterizaciji onih vrsta papira koje pogoduju ovoj tehnologiji uvezivanja.

Različite vrste papira s obzirom na relativnu vlažnosti zraka, temperaturu i vrijeme starenja sigurno daju sistematizirane podatke koji ukazuju na to kako izraditi lijepljenu meko uvezanu knjigu koja će imati željenu trajnost.

Znanstveni doprinos očituje se i u proširenju saznanja o strukturi presjeka površine različite vrste papira nakon mehaničke obrade, prije i nakon starenja. Činjenica je da su dosadašnja istraživanja provedena samo nakon uvezivanja.

Detaljna analiza i utvrđivanje promjena na presjeku i površini papira na mjestu linije uvezivanja predstavljaju također znanstveni doprinos ovog rada, te pridonose boljem tumačenju i razumijevanju mehaničke teorije adhezijskog spajanja.

Na temelju foto prikaza uzorka i određivanja važnih parametara svojstava različitih vrsta papira, praćene su promjene vrijednosti širine presjeka s ciljem proširenja metodologije pružavanja čvrstoće knjižnog bloka.

## 7. LITERATURA

---

- [1] A. Stipčević; Povijest knjige, Matica hrvatska, Zagreb, 2006.
- [2] D. Babić, Knjiga, što je knjiga, da li je roba...?, *Proceedings of the 1st International scientific and profesional confrence of graphic technology and design*, Kiseljak, BIH, 2009., str. 10.-24.
- [3] A. L. Lisac; Razvoj industrije papira u Zagrebu, Zagrebačka tvornica papira, Zagreb, 1961.
- [4] D. Babić, D. Nikolić; Ispitivanje uvjeta pri obradi hrpta knjižnog bloka za sljepljivanje, (Znanstveni projekt „Materijali u grafičkoj industriji“), 1982., str. 329.-337.
- [5] <http://data.memberclicks.com/site/hbi/LibraryBindingStandard.pdf> (12.5.2008.)
- [6] Kenneth, P., Clarence B.; *The binding of book*, McKnight & McKnight Publisihing Company, Bloomington, Illinois, 1967, p. 15
- [7] Roberts, M. T. & Etherington, E. (2008); *Bookbinding and the Conservation of books*, A Dictionary of Descriptive Terminology, Drawing by M. R. Brown, Available at: <http://cool.conservation-us.org/don/dt/dt2439.html>, (11.03.2011.)
- [8] Printing India, *Your Gateway to print Industry*. URL: <http://www.printingindia.com/tips/binder.htm> (19.05.2011).
- [9] D. Babić; Uvod u grafičku tehnologiju, Grafički centar za ispitivanje i projektiranje, Zagreb, 1998., str. 139.
- [10] W. Brockmann, P. L. Geiss, J. Klingen, B. Schroder, *Adhesive Bonding Materials*, Applications and Technology, Wiley-Vch, 2001, p. 78
- [11] H. Kipphan, *Handbook of print media: technologies and production methods*, Berlin; ISBN 3-540-67326-1, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 2001, p. 837
- [12] B. Tompson, A PIRA *International printing guide*, *Printing materials*; Science and Technology, 2nd Edition, 2004, p. 194
- [13] F. Garbassi, M. Morra and E. Occhiello; *Polymer Surface from Physics to Technology*, revised and update ed. 1998. West Sussex, England: J. Wileysons.
- [14] W. C. Wake; *Adhesion and the Formulation of Adhesive*, Barking England, Applied science publishers Ltd., 2nd Ed., 1982
- [15] Hotmelt-Klebebindung, probleme, Losungen, Abhilfen; Fogra praxis report No.25, 1980
- [16] F. M. Garbassi, M. Morra and E. Occhiello; *Polymer Surface from Physics to Technology*, revised and update Ed., West Sussex, England: J. Wiley,sons., 1998

- 
- [17] A. J. Kinloch, *Adhesion and Adhesives*; Science and Technology, Chapman&Hall, London, UK, 1995
- [18] <http://www.paperonweb.com/grade.htm> (24.2.2010)
- [19] K. Niskanen, I. Kajanto, P. Pakarinen; *Paper Physics*, Papermaking Science and Technology, Chapter, ISBN 952-5216-16-0 (book 16), 1998
- [20] J. V. Robinson, Fibers bonding, In: Casey, J. P. (ed.); *Pulps and Paper*; Chemistry and Chemical Technology, Vol.2, 3<sup>rd</sup> ed. New York: JohnWileys & Sons, 1980, p. 915-963
- [21] G. Novak, *Grafični materiali*, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, Ljubljana, 2004, str. 14.
- [22] A. Zekić, Ž. Barbarić-Mikočević, I. Plazonić; *Analysis of CaCO<sub>3</sub> in Photocopy Papers treated in Surfactant Solutions*, 15th Conference on printing, Design and Graphic Communications Blaž Baromić, Senj-Croatia, 2009, p. 249-253
- [23] Y. Xu, X. Chen, R. Pelton, How polymers strengthen filled papers, *Tappi Journal*, Vol.4:No.11, 2005
- [24] J. C. Roberts; *The Chemistry of paper*, Ed. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, 1996
- [25] Yaling X, Xiaonong C, Pelton R., *How polymers strengthen filled papers, Peer-reviewed additives*, TAPPI JOURNAL, November 2005, p. 8
- [26] I. Shepherd, H. Xiao; *The role of surfacants as rewetting agents in enhancing paper absorbancy*, *Colloids and Surfaces*, p.157, 199, 235-244
- [27] [http://www4.ncsu.edu/~hubbe/TShoot/G\\_Poros.htm](http://www4.ncsu.edu/~hubbe/TShoot/G_Poros.htm) (18.1.2010.)
- [28] T. Muck, G. Novak; *Hydrophilic/hydrophobic surface treatment of sized and unsized base paper for various digital printing technique*, *Papir -Strokovna revija DIT* papirništva, št.1-2 marec 2002.
- [29] J. Brander, I. Thorn; *Surface Application of Paper Chemicals*, Springer; 1<sup>th</sup> Ed., ISBN-13: 978-0751403701, 1997
- [30] S. Benltoufa, F. Fayala, S. BenNasrallah; *Capillary Rise in Macro and Micro Pores of Jersey Knitting Structure*, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, Vol.3, Issue3, 2008
- [31] I. Shepherd, H. Xiao; *The role of surfacants as rewetting agent sin enhancing paper absorbancy*, *Colloids and Surfaces, A: Physicochemical and Engineering Aspect*, 1999, p. 253-244

- 
- [32] D. Todorova, S. Bencheva, R. Tosunov; *Influence the Alkyl Ketene Dimmer (AKD) Size on teh Furnich Behaviour and Paper Properties*, Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy, Sofia-Bulgaria, 43, 4 2008, 388-393
- [33] <http://www.scribd.com/doc/4792160/Koloidno-disperzni-sistemi> (18.10.2009.)
- [34] A. Golubović, I. Mališić-Adamou; *Svojstva i ispitivanje papira*, VGŠ, Zagreb, 1983.
- [35] G. Vamos, K. Hrlyes, H. Mattyus; *Invastigations on the pore structure of coated papers*, Conference Coating for the 80s, 1980
- [36] G. K. Van der Wel, O. C. G. Adan; *Moisture in organic coatings – a review*, Progres sin Organic Coatings 37, 1999, p. 1-14
- [37] Processing Matt papers; *Why do matt papers require special attention?*, Sappi Europea SA, 2001
- [38] L. S. Johansson, J. M. Campbell, K. Koljonen; *Evaluation of surface lignin on cellulose fibers with XPS*, Applied Surface Science, 144-145, 1999, p. 92-95
- [39] US Patent, Patent Number: 4345349, Date of Patent: Aug. 24, 1982
- [40] M. Southworth, D. Southworth; *Quality and productivity in the Graphic Arts*, USA, 1990, 16-26
- [41] [http://www.adhesivesmag.com/CDA/Articles/Assembly/BNP\\_GUID\\_9-5-2006\\_A\\_10000000000000320691](http://www.adhesivesmag.com/CDA/Articles/Assembly/BNP_GUID_9-5-2006_A_10000000000000320691) (24.4.2010.)
- [42] G. Gierenz, W. Karmann; *Adhesives and Adhesive Tapes*; Wiley-VCH Verlag, Germany, 2001
- [43] US Patent, Patent Number: 4728688, Date of Patent: Mar. 1, 1988
- [44] T. E. Rolando; Solwent-Free Adhesives, *Rapra Review Reports-Expert overviews covering the science and technology of rubber and plastics*, Vol. 9, No.5, 1998, 16-17
- [45] Y. Park, H. S. Joo, H. J. Kim; *Adhesion and rheological properties of EVA-based hot-melt adhesives*, International Journal of Adhesion & Adhesives 26, 2006, p. 571-576
- [46] US Patent, Patent Number: 6034159, Date of Patent: Mar. 7, 2000
- [47] [www.chemquest.com](http://www.chemquest.com) (15. 4.20010.)
- [48] [www.gluegunsdirect.com](http://www.gluegunsdirect.com) (17.7.2009.)
- [49] R. L. Lehman; *The CRC handbook of Mechanical Engineering*, Chapter 12: Materials Adhesives, F. Kreith and Y. Goswami, New York, 2004, p. 12-32
- [50] W. Brockmann, J. Klingen, B. Schroder; *Adhesive Bonding*, Published Online: 12 OCT 2009, p. 279

- 
- [51] [http://www2.dupont.com/Elvax/en\\_US/assets/downloads/elvax\\_adhesives\\_wax\\_blends.pdf](http://www2.dupont.com/Elvax/en_US/assets/downloads/elvax_adhesives_wax_blends.pdf) (20.10.2010.)
- [52] Y. Bai, J. Qian, Q. An, Z. Zhu, *Pervaporation characteristics of ethylene-vinyl acetate copolymer membranes with different composition for recovery of ethyl acetate from aqueous solution*, Journal of Membrane Science, 305, 2007, p. 152-159
- [53] C. A. Harper; *Handbook of Plastics*, Elastomers and Composites, 4th Ed., ISBN 0-07-138476-6, 2002, 6
- [54] D. Malivuk, M. Pejaković; Polimeri – struktura i osobine, Kratki pregled, Odsjek za fiziku, Prirodoslovno-matematički fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci, BIH, 18.3.2007.
- [55] K. Gillo, T. Cinque, S. Corbett; *Thermoplastic Adhesives-the Attachment solution for multichip modules*, Alpha Metals, USA, 1993, p. 236
- [56] [www.skriptarnica.net/skripte/doc.../25-polimerni-materijali.html](http://www.skriptarnica.net/skripte/doc.../25-polimerni-materijali.html) (19.7.2010.)
- [57] J. R. Crawford, *Plastic Engineering*, 3rd Ed., Elsevier Butterworth-Heinemann, England, 1998, 1-5
- [58] F. Awaja, M. Gilbert, G. Kelly, B. Fox, P. J. Pigram; *Journal Adhesion of polimers*, *Progres in Polymer Science*, Elsevier, 2009, p. 587-21
- [59] J. H. Song, J. K. Lim; *Bonding Strength in Structural Adhesive Bonded Joint*, Metals and materials International, Vol.7, No.5, 2001, p. 467-470
- [60] A. Pizzi, K. L. Mittal; *Handbook of Adhesive Technology: The Mechanical Theory of Adhesion*, Marcel Dekker, New York, 2003
- [61] A. J. Kinloch; *Journal of Material Science* 1980:15:2141-66
- [62] F. Garbassi, M. Morra, E. Occhiello; *Polymer Surface from Physics to Technology*, West Sussex, England, 1998
- [63] J. Comyn; *Adhesion Science*, Royal Society of Chemistry, England, 1997
- [64] W. C. Wake; *Adhesion and the Formulation of Adhesive*, England, 1982
- [65] <https://www.fkit.hr/files/nastava/novi/15/Kolegij%20ADHEZIJA%20I%20ADHEZIJSKI%20PROIZVODI%202010-11.pdf> (16.5.2010)
- [66] D. E. Packman, *Surface energy, surface topography and adhesion*, International Journal of Adhesion & Adhesives, 23, 2003, p. 437-448
- [67] <http://www.adhesives.org/StructuralDesign/AdhesionCohesionTheory.aspx> (15.4.2010.)
- [68] R. Sczech, H. Riegler; *Molecularly smooth cellulose surfaces for adhesion studies*, Journal of Colloid and Interface Science, 301, 2006, p. 376-385
- [69] [www.gluemachinery.com/Principles-pressureSensitiveAdhesion](http://www.gluemachinery.com/Principles-pressureSensitiveAdhesion) (15.3.2010.)



- 
- [70] A. A. Marra; *Applications in wood bonding*, In: R. F. Blomquist, A. W Christiansen, R. H. Gillespie and Myers; *Adhesive Bonding of Wood and Other Structural Materials*, Educational Modules for Materials Science and Engineering (EMMSE) Project, Pennsylvania State University, University Park, PA, chap. 9. 1980
- [71] E. M. Petrie; *Handbook of Adhesive and Sealants*, Vol. 2., Elsevier, 2009, 5 [online].  
<http://www.scribd.com/doc/42037424/3169-Handbook-of-Adhesives-and-Sealants-Volume-2-General-Knowledge-Application-of-Adhesives-New-Curing-Techniques-by-Philippe-Cognard> (16.05.2011).
- [72] US Patent, Patent Number: 5441999, Date of Patent: Aug. 15, 1995
- [73] S. Korhonen; *Factors affecting the strength of a book*, 14th IARIGAI Conference, Marbella, Spain, 1977, p. 368-391
- [74] S. Ristimäki; *Faults appearing in books in practical use*, GTL, Finland, 1980, p. 444-461
- [75] B. M. Malyshev, R. L. Salganik; *The strength of adhesive joints using the theory of cracks*, International Journal of Fracture 26, 1984, p. 261-275
- [76] I. Alfirević; *Nauka o čvrstoći 1, II. Izdanje*, Tehnička knjiga, Zagreb, 1995., str. 11.
- [77] M. Franz; *Mehanička svojstva materijala*, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, 1998.
- [78] D. Gregor-Sveteć; *Evaluation of viscoelastic properties of papers*, 10<sup>th</sup> International conference on printing, design and graphic communications Blaž Baromić, Editors Bolanča, Z. and Mikota, M. Zagreb: Faculty of Graphic Arts-University of Zagreb, 2006., p. 187-192
- [79] *Climate and Paper, the interaction between climate and the processing of coated papers in printing and finishing*, URL:  
<http://www.vipsys.ru/upload/files/00/02/77.pdf?PHPSESSID=c05il2ds75o1483d5840cot8m6> (7.5.2009.)
- [80] <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/annual/v06/bp06-01.html> (16.9.2008.)f
- [81] N. Plowman; *Grain direction & Perfect binding*, technical notes, URL:  
<http://www.npates.com> (10.2.2010.)
- [82] P. Jerman; *Spine Control, In Reflections on Book Structures-Part 3 and Structures -Part 2* I discussed glue line failures. Available to:  
<http://www.google.hr/search?q=spine%20control%2C%20jermann&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla:en-US:official&client=firefox-a&source=hp&channel=np> (10.5.2011.).

- 
- [83] P. Jerman; *Spine Control, In Reflections on Book Structures-Part 2*, I discussed glue line failures. URL:  
<http://temperproductions.com/Bookbinding%20Howto/Reflections/reflect2.htm>  
(10.2.2010.)
- [84] T. Kosić; *Osnove grafičkih materijala i tiskarskih tehnika*, Zagreb, 2008.  
<http://www.studij dizajna.com/tkoscic/papiri.pdf> (14.2.2009.)
- [85] T. Kovačić; *Struktura i svojstva polimera – Sveučilišni udžbenik*, Split, 2010.
- [86] S. Pasanec Preprotić, D. Babić, B. Lajić, D. Jurečić; Distribucija čvrstoće knjižnog bloka u ovisnosti o položaju lista papira, *Zbornik radova sa Znanstvenog stručnog skupa Tiskarstvo 10*, 2010.
- [87] S. Pasanec Preprotić, D. Babić, B. Lajić, D. Jurečić; Utjecaj različitih kvaliteta papira na čvrstoću knjižnog bloka meko uvezane knjige, *Zbornik radova sa Znanstvenog stručnog skupa Tiskarstvo 09*, 2009.
- [88] L. A. Van Gastel; *A new method for the determination of adhesion strength in adhesive binding*, *Advances in printing Science and technology*, IARIGAI, 1974, p. 357-367
- [89] P. Johansson, M. Maritha; *The effect of paper parameters on the strength of adhesive-bound books*, IARIGAI, 1984, p. 421-441
- [90] R. M. Leekley, J. J. Becher, et al.; *The Relationship between paper properties and adhesive book binding behavior*, TAGA Proceedings, Rochester, Technical Association of the Graphic Arts, 1972, p. 336-350
- [91] A. Armano, G. Thyboll, L. Brodin; *Investigation of the influence of paper properties on the strength of perfect bound books*, *Proceedings of the 11th International Conference of Printing Research Institutes*, USA, 1971, p. 233-251
- [92] S. Pasanec Preprotić, D. Babić, A. Tuzović; Vrednovanje kvalitete slijepljenog spoja obzirom na fizikalna svojstva papira, *Proceedings of the 2nd International scientific and profesional conference of graphic technology and design*, Kiseljak, BIH, 2011., str. 106.-113.
- [93] S. Pasanec Preprotić, B. Lajić, D. Jurečić; *Perfect Binding Technique Affects the Paperback Adhesive Binding Strength*, 15th International Conference on printing, Design and Graphic Communications Blaž Baromić 2001., Senj, Croatia, 2011. – prihvaćeni rad
- [94] S. Pasanec Preprotić, D. Babić, A. Tuzović; *The influence of Paper Permanence on Adhesive Joint Strength*, TTEM-Technics Technologies Education Management - prihvaćeni rad

- 
- [95] S. Ristimaki; *Faults appearing in books in practical use*, IARIGAI, 1984, p. 445-459
- [96] T. Kuën; *Ermittlung von Qualitätsrangstufen zur Prüfung klebegebundener Brochuren mittels bauartverschiedener Prüfgeräte*, FOGRA - Forschungsbericht Nr. 71.006, München 2008, p. 1-13  
URL: <http://cool.conservation-us.org/don/dt/dt2439.html> (7.8.2010.)
- [97] S. Pasanec Preprotić, D. Jurečić, D. Babić, B. Lajić; *Important Factors of Paperback Books Quality of Adhesion Strength in Adhesive Binding*; Annals of DAAAM for 2010 & Proceedings of the 21st International DAAAM Symposium, Vol.21, No.1; ISSN 1726-9679, Austria, 2010, p. 953-954
- [98] S. Pasanec Preprotić, D. Babić, A. Tuzović; *Bindability of High Grades Papers by Perfect Binding Technique*, Acta Graphica; znanstveni časopis za tiskarstvo i grafičke komunikacije, ISSN: 0353-4707 UDC 655(05), 2011- prihvaćeni rad
- [99] M. Černik Letnar; Papir kao nositelj kulturne baštine, Savjetovanje „Konzerviranje i restauriranje papira 4: Grafički materijal“, Ludbreg-Zagreb, Hrvatski restauratorski zavod, 2004., str. 47. – 53.
- [100] T. Mušnjak; Arhivi: između digitalnih zapisa i ubrzanog propadanja gradiva na kiselom papiru, Arh. Vjesnik, 2001., str. 61.-70.
- [101] E. P. Adcock, IFLA-na načela za skrb i rukovanje knjižničnom građom, Hrvatsko knjižničarsko društvo, Zagreb, (2003.)
- [102] H. Bansa; *Accelerated Ageing of Paper: Some Ideas on its Practical Benefit*, Restaurator, ISSN 0034-5806, 2002, p. 106-117
- [103] L. A. L. Franco, M. L. A. Graca, F. S. Silva; *Tensile and fractographic evaluation with varying temperatures and moisture content of thermoplastic composites*, 10th Portuguese Conference on fracture-2006; p. 1-9
- [104] C. H. Bamford, C. F. H. Tipper, eds.; *Comprehensive Chemical Kinetics*, Vol.1. The Practice of Kinetics, Chemical kinetics, Vol.14. Degradation of Polymers, Amsterdam Elsevier, 1969
- [105] I. Pavlić; Statistička teorija i primjena, Tehnička knjiga, Zagreb, 1988., str. 151.-152.
- [106] B. Petz; Osnovne statističke metode za nematematičare, Naklada Slap, Jastrebarsko, ISBN 978-953-191-058-3, 2007., str. 180.-272.
- [107] I. Šošić; Primijenjena statistika, Školska knjiga, Zagreb, ISBN 953-0-30337-8, 2004., str. 381.-441.

- 
- [108] IUPAC, *Source-based nomenclature for copolymers (Recommendations 1985)*, Pure Appl. Chem. 57 (1985) p. 1427–1440. Poglavlje 19 u lit. cit. 13. Hrvatski prijevod Jarm, V., Smolčić Žerdik Z.; Nomenklatura kopolimera na osnovi njihova podrijetla, Kem. Ind. 37 (10) (1988) B19–B32

**Standardi:**

- [109] ISO 11800 Information and documentation-Requirements for binding materials and methods used in the manufacture of books
- [110] Library Binding, ANSI/NISO/LBI Z39.78-2000, American National Standards institute
- [111] ISO/TC 130 N 807-2002 „Graphic Technology“ Secretariat: Germany (DIN), ISO/CD 15847 Graphic technology-Graphical symbols for printing press systems and finishing system, including related auxiliary equipment
- [112] HRN ISO 187:1990 Paper, board and pulps – Standard atmosphere for conditioning and testing and procedure for monitoring the atmosphere and conditioning of samples, I International Organization for Standardization, geneva, Switzerland, 2000
- [113] ISO 3219:1993 Plastics - Polymers/resins in the liquid state or as emulsions or dispersions- Determination of viscosity using a rotational viscometer
- [114] ISO 5630-3:1996 Paper and board-Accelerated ageing-Part 3: Moist heat treatment at 80°C and 65% relative humidity, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 1996
- [115] HRN EN ISO 9142:2008 Adhesives-Guide to the selection of standard laboratory ageing conditions for testing bonded joints (ISO 9142:2003; EN ISO 9142:2003)
- [116] Fogra - Forschungsbericht Nr. 71.006, München 2008, 1-13, Ermittlung von Qualitätsrangstufen zur Prüfung klebegebundener Brochuren mittels bauartverschiedener Prüfgeräte
- [117] BS EN ISO 536:1997 Paper and board - Determination of grammage
- [118] BSI BS EN ISO 534:2005 Paper and board Determination of thickness, density and specific volume
- [119] TAPPI Test Method T 413 - Ash 900 °C, Standard: TAPPI. Method: T 413.  
Title: Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 900° C
- [120] TAPPI Test Method T 412 - Moisture in pulp, paper and paperboard
- [121] TAPPI Test Method T 414 – Internal tearing resistance of paper (Elmendorf-type method)

- 
- [122] TAPPI Test method T 441 –Water absorptiveness of sized (non-bibulous) paper, paperboard, and corrugated fibreboard (Cobb test), 1998
- [123] ISO 8787:1986\_Paper and board -Determination of capillary rise - Klemm method
- [124] ISO 8791-2:1990\_Paper and board-Determination of roughness/smoothness (air leak methods) - Part 2: Bendtsen method
- [125] ISO 1924-2:1994 Paper and board - Determination of tensile properties – Part 2: Constant rate of elongation method

**Popis slika:**

- Slika 1. Tehnološka shema meko uvezane lijepljene knjige
- Slika 2. Tehnološki proces obrade hrpta knjižnog bloka
- Slika 3. Mehanizam lijepljenja hrpta knjižnog bloka
- Slika 4. Jakost lijepljenja s obzirom na promjenu stanja ljepila
- Slika 5. Tehnološki proces naljepljivanja kartonske korice
- Slika 6. Knjižni blok nakon ohrapavljenja
- Slika 7. Utjecaj svojstava papira na oblik ureza
- Slika 8. Prosječna distribucija vlakana kroz presjek površine lista papira
- Slika 9. Smjer distribucije vlakana u papir-stroju
- Slika 10. Smjer distribucije vlakna kroz debljinu papira
- Slika 11. Utjecaj načina mljevenja vlakna u stvaranju fibrila i mikrofibrila (povećanje 480x)
- Slika 12. Utjecaj fibrilacije na svojstava papira
- Slika 13. Čestica punila smještena između vlakana
- Slika 14. Osnovna funkcija čestica punila u papiru
- Slika 15. Tehnološki postupak oplemenjivanja papira
- Slika 16. Strukturna formula kopolimera etilen-vinil-acetata
- Slika 17. Promjena mehaničkog deformacijskog stanja polimera u tehnološkom procesu sljepljivanja
- Slika 18. Utjecaj mehaničkih stanja termoplasta na promjenu čvrstoće spoja
- Slika 19. Prikaz termodinamičke krivulje polimera
- Slika 20. Utjecaj molekularne mase polimera na promjenu čvrstoće adhezijskog odnosno kohezijskog spoja
- Slika 21. Opći prikaz procesa lijepljenja

- 
- Slika 22. Model mehaničke teorije „ključ i brava“
- Slika 23. Model djelovanja adhezijske i kohezijske sile
- Slika 24. Utjecaj faktora krutosti na delaminaciju papira
- Slika 25. Prikaz elastične deformacije lista papira
- Slika 26. Promjena dimenzionalne stabilnosti papira obzirom na promjenu dimenzije vlakna
- Slika 27. Kvaliteta uveza s obzirom na smjer vlakana u papiru
- Slika 28. Građa stjenke celuloznog vlakna
- Slika 29. Strukturna formula celuloze
- Slika 30. Odstupanja čvrstoće slijepljenog spoja lista papira s obzirom na položaj u knjižnom bloku
- Slika 31. Prikaz postraničnog lijepljenja
- Slika 32. Čimbenici koji utječu na kvalitetu uvezivanja
- Slika 33. Popuštanje adhezijskih spojeva
- Slika 34. Vrijednosti parametara u tehnološkom načinu uveza lijepljene knjige
- Slika 35. Mikrovalna komora
- Slika 36. Pull tester Martini, Type VA
- Slika 37. Optički mikroskop Carl Zeiss (A) i Digitalni mikroskop Dino-lite AM413T (B)
- Slika 38. Sistematizacija uzoraka s obzirom na starenje
- Slika 39. Položaj pojedinačnih listova papira (A-J) u funkciji određivanja čvrstoće knjižnog bloka
- Slika 40. Princip rada kidalice
- Slika 41. Optičke snimke uzoraka N\_80kb<sub>x</sub>, (povećanje 50x, 100x)
- Slika 42. Optičke snimke uzoraka N\_80kb<sub>I0</sub>, (povećanje 50x, 100x)
- Slika 43. Optičke snimke uzoraka N\_80kb<sub>I1</sub>, (povećanje 50x, 100x)
- Slika 44. Optičke snimke uzoraka N\_80kb<sub>B2</sub>, (povećanje 50x, 100x)
- Slika 45. Optičke snimke uzoraka N\_80kb<sub>B4</sub>, (povećanje 50x, 100x)
- Slika 46. Digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>x</sub>, poprečni presjek (povećanje 60x)
- Slika 47. Digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>x</sub>, (povećanje 200x)
- Slika 48. Digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>I0</sub>, (povećanje 200x)
- Slika 49. Digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>J0</sub>, (povećanje 200x)
- Slika 50. Digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>H1</sub>, (povećanje 200x)
- Slika 51. Digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>A1</sub>, (povećanje 200x)
- Slika 52. Digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>C2</sub>, (povećanje 200x)

---

Slika 53. Digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>J2</sub>, (povećanje 200x)

Slika 54. Digitalna snimka uzorka N\_80kb<sub>A4</sub>, (povećanje 200x)

Slika 55. Optičke snimke uzorka N\_100kb<sub>x</sub>, (povećanje 50x, 100x)

Slika 56. Optičke snimke uzorka N\_100kb<sub>I0</sub>, (povećanje 50x, 100x)

Slika 57. Optičke snimke uzorka N\_100kb<sub>I1</sub>, (povećanje 50x, 100x)

Slika 58. Optičke snimke uzorka N\_100kb<sub>B2</sub>, (povećanje 50x, 100x)

Slika 59. Optičke snimke uzorka N\_100kb<sub>B4</sub>, (povećanje 50x, 100x)

Slika 60. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>x</sub>, poprečni presjek (povećanje 60x)

Slika 61. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>x</sub>, (povećanje 200x)

Slika 62. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>C0</sub>, (povećanje 200x)

Slika 63. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>E0</sub>, (povećanje 200x)

Slika 64. Digitalna snimka uzorka N\_10kb<sub>I1</sub>, (povećanje 200x)

Slika 65. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>J1</sub>, (povećanje 200x)

Slika 66. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>E2</sub>, (povećanje 200x)

Slika 67. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>J2</sub>, (povećanje 200x)

Slika 68. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>G4</sub>, (povećanje 200x)

Slika 69. Digitalna snimka uzorka N\_100kb<sub>J4</sub>, (povećanje 200x)

Slika 70. Optičke snimke uzorka P\_115kb<sub>x</sub>, (povećanje 50x, 100x)

Slika 71. Optičke snimke uzorka P\_115kb<sub>C0</sub>, (povećanje 50x, 100x)

Slika 72. Optičke snimke uzorka P\_115kb<sub>F1</sub>, (povećanje 50x, 100x)

Slika 73. Optičke snimke uzorka P\_115kb<sub>D2</sub>, (povećanje 50x, 100x)

Slika 74. Optičke snimke uzorka P\_115kb<sub>C4</sub>, (povećanje 50x, 100x)

Slika 75. Digitalna snimka uzorka P\_115kb<sub>x</sub>, poprečni presjek (povećanje 60x)

Slika 76. Digitalna snimka uzorka P\_115kb<sub>x</sub>, (povećanje 200x)

Slika 77. Digitalna snimka uzorka P\_115kb<sub>I0</sub>, (povećanje 200x)

Slika 78. Digitalna snimka uzorka P\_115kb<sub>J0</sub>, (povećanje 200x)

Slika 79. Digitalna snimka uzorka P\_115kb<sub>I1</sub>, (povećanje 200x)

Slika 80. Digitalna snimka uzorka P\_115kb<sub>A1</sub>, (povećanje 200x)

Slika 81. Digitalna snimka uzorka P\_115kb<sub>B2</sub>, (povećanje 200x)

Slika 82. Digitalna snimka uzorka P\_115kb<sub>J2</sub>, (povećanje 200x)

Slika 83. Digitalna snimka uzorka P\_115kb<sub>B4</sub>, (povećanje 200x)

Slika 84. Digitalna snimka uzorka P\_115kb<sub>A4</sub>, (povećanje 200x)

Slika 85. Optičke snimke uzorka P\_150kb<sub>x</sub>, (povećanje 50x, 100x)

---

Slika 86. Optičke snimke uzoraka P\_150kb<sub>B0</sub>, (povećanje 50x, 100x)

Slika 87. Optičke snimke uzoraka P\_150kb<sub>I1</sub>, (povećanje 50x, 100x)

Slika 88. Optičke snimke uzoraka P\_150kb<sub>C2</sub>, (povećanje 50x, 100x)

Slika 89. Optičke snimke uzoraka P\_150kb<sub>B4</sub>, (povećanje 50x, 100x)

Slika 90. Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>x</sub>, poprečni presjek (povećanje 60x)

Slika 91. Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>x</sub>, (povećanje 200x)

Slika 92. Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>B0</sub>, (povećanje 200x)

Slika 93. Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>J0</sub>, (povećanje 200x)

Slika 94. Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>I1</sub>, (povećanje 200x)

Slika 95. Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>J1</sub>, (povećanje 200x)

Slika 96. Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>C2</sub>, (povećanje 200x)

Slika 97. Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>J2</sub>, (povećanje 200x)

Slika 98. Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>B4</sub>, (povećanje 200x)

Slika 99. Digitalna snimka uzorka P\_150kb<sub>J4</sub>, (povećanje 200x)

Slika 100. Optičke snimke uzoraka V\_80kb<sub>x</sub>, (povećanje 50x, 100x)

Slika 101. Optičke snimke uzoraka V\_80kb<sub>E0</sub>, (povećanje 50x, 100x)

Slika 102. Optičke snimke uzoraka V\_80kb<sub>E1</sub>, (povećanje 50x, 100x)

Slika 103. Optičke snimke uzoraka V\_80kb<sub>H2</sub>, (povećanje 50x, 100x)

Slika 104. Optičke snimke uzoraka V\_80kb<sub>H4</sub>, (povećanje 50x, 100x)

Slika 105. Digitalna snimka uzorka V\_80kb<sub>x</sub>, poprečni presjek (povećanje 60x)

Slika 106. Digitalna snimka uzorka V\_80kb<sub>x</sub>, (povećanje 200x)

Slika 107. Digitalna snimka uzorka V\_80kb<sub>F0</sub>, (povećanje 200x)

Slika 108. Digitalna snimka uzorka V\_80kb<sub>J0</sub>, (povećanje 200x)

Slika 109. Digitalna snimka uzorka V\_80kb<sub>J1</sub>, (povećanje 200x)

Slika 110. Digitalna snimka uzorka V\_80kb<sub>J2</sub>, (povećanje 200x)

Slika 111. Digitalna snimka uzorka V\_80kb<sub>A4</sub>, (povećanje 200x)

### **Popis grafikona:**

Grafikon 1. Ovisnost čvrstoće o starenju za N\_80kb

Grafikon 2. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za N\_80kb<sub>0</sub>

Grafikon 3. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za N\_80kb<sub>1</sub>

Grafikon 4. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za N\_80kb<sub>2</sub>

Grafikon 5. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za N\_80kb<sub>4</sub>



---

Grafikon 6. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za N\_80kb  
Grafikon 7. Ovisnost čvrstoće o starenju za N\_100kb  
Grafikon 8. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za N\_100kb<sub>0</sub>  
Grafikon 9. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za N\_100kb<sub>1</sub>  
Grafikon 10. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za N\_100kb<sub>2</sub>  
Grafikon 11. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za N\_100kb<sub>4</sub>  
Grafikon 12. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za N\_100kb  
Grafikon 13. Ovisnost čvrstoće o starenju za P\_115kb  
Grafikon 14. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za P\_115kb<sub>0</sub>  
Grafikon 15. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za P\_115kb<sub>1</sub>  
Grafikon 16. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za P\_115kb<sub>2</sub>  
Grafikon 17. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za P\_115kb<sub>4</sub>  
Grafikon 18. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za P\_115kb  
Grafikon 19. Ovisnost čvrstoće o starenju za P\_150kb  
Grafikon 20. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za P\_150kb<sub>0</sub>  
Grafikon 21. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za P\_150kb<sub>1</sub>  
Grafikon 22. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za P\_150kb<sub>2</sub>  
Grafikon 23. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za P\_150kb<sub>4</sub>  
Grafikon 24. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za P\_150kb  
Grafikon 25. Ovisnost čvrstoće o starenju za V\_80kb  
Grafikon 26. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za V\_80kb<sub>0</sub>  
Grafikon 27. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za V\_80kb<sub>1</sub>  
Grafikon 28. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za V\_80kb<sub>2</sub>  
Grafikon 29. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za V\_80kb<sub>4</sub>  
Grafikon 30. Odstupanja čvrstoće lista papira od FOGRA-e za V\_80kb

### **Popis histograma:**

Histogram 1. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_80kb<sub>A</sub>  
Histogram 2. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_80kb<sub>B</sub>  
Histogram 3. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_80kb<sub>C</sub>  
Histogram 4. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_80kb<sub>D</sub>  
Histogram 5. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_80kb<sub>E</sub>  
Histogram 6. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_80kb<sub>F</sub>

---

Histogram 7. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_80kb<sub>G</sub>

Histogram 8. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_80kb<sub>H</sub>

Histogram 9. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_80kb<sub>I</sub>

Histogram 10. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_80kb<sub>J</sub>

Histogram 11. Kumulativ učestalosti popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_80kb

Histogram 12. Učestalost popuštanja spoja za N\_80kb<sub>0</sub>

Histogram 13. Učestalost popuštanja spoja za N\_80kb<sub>1</sub>

Histogram 14. Učestalost popuštanja spoja za N\_80kb<sub>2</sub>

Histogram 15. Učestalost popuštanja spoja za N\_80kb<sub>4</sub>

Histogram 16. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb<sub>A</sub>

Histogram 17. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb<sub>B</sub>

Histogram 18. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb<sub>C</sub>

Histogram 19. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb<sub>D</sub>

Histogram 20. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb<sub>E</sub>

Histogram 21. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb<sub>F</sub>

Histogram 22. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb<sub>G</sub>

Histogram 23. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb<sub>H</sub>

Histogram 24. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb<sub>I</sub>

Histogram 25. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb<sub>J</sub>

Histogram 26. Kumulativ učestalosti popuštanja spoja ovisno o starenju za N\_100kb

Histogram 27. Učestalost popuštanja spoja za N\_100kb<sub>0</sub>

Histogram 28. Učestalost popuštanja spoja za N\_100kb<sub>1</sub>

Histogram 29. Učestalost popuštanja spoja za N\_100kb<sub>2</sub>

Histogram 30. Učestalost popuštanja spoja za N\_100kb<sub>4</sub>

Histogram 31. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb<sub>A</sub>

Histogram 32. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb<sub>B</sub>

Histogram 33. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb<sub>C</sub>

Histogram 34. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb<sub>D</sub>

Histogram 35. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb<sub>E</sub>

Histogram 36. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb<sub>F</sub>

Histogram 37. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb<sub>G</sub>

Histogram 38. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb<sub>H</sub>

Histogram 39. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb<sub>I</sub>

---

Histogram 40. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb<sub>J</sub>

Histogram 41. Kumulativ učestalosti popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_115kb

Histogram 42. Učestalost popuštanja spoja za P\_115kb<sub>0</sub>

Histogram 43. Učestalost popuštanja spoja za P\_115kb<sub>1</sub>

Histogram 44. Učestalost popuštanja spoja za P\_115kb<sub>2</sub>

Histogram 45. Učestalost popuštanja spoja za P\_115kb<sub>4</sub>

Histogram 46. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb<sub>A</sub>

Histogram 47. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb<sub>B</sub>

Histogram 48. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb<sub>C</sub>

Histogram 49. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb<sub>D</sub>

Histogram 50. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb<sub>E</sub>

Histogram 51. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb<sub>F</sub>

Histogram 52. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb<sub>G</sub>

Histogram 53. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb<sub>H</sub>

Histogram 54. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb<sub>I</sub>

Histogram 55. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb<sub>J</sub>

Histogram 56. Kumulativ učestalosti popuštanja spoja ovisno o starenju za P\_150kb

Histogram 57. Učestalost popuštanja spoja za P\_150kb<sub>0</sub>

Histogram 58. Učestalost popuštanja spoja za P\_150kb<sub>1</sub>

Histogram 59. Učestalost popuštanja spoja za P\_150kb<sub>2</sub>

Histogram 60. Učestalost popuštanja spoja za P\_150kb<sub>4</sub>

Histogram 61. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb<sub>A</sub>

Histogram 62. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb<sub>B</sub>

Histogram 63. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb<sub>C</sub>

Histogram 64. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb<sub>D</sub>

Histogram 65. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb<sub>E</sub>

Histogram 66. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb<sub>F</sub>

Histogram 67. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb<sub>G</sub>

Histogram 68. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb<sub>H</sub>

Histogram 69. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb<sub>I</sub>

Histogram 70. Učestalost popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb<sub>J</sub>

Histogram 71. Kumulativ učestalosti popuštanja spoja ovisno o starenju za V\_80kb

Histogram 72. Učestalost popuštanja spoja za V\_80kb<sub>0</sub>

---

Histogram 73. Učestalost popuštanja spoja za V\_80kb<sub>1</sub>  
Histogram 74. Učestalost popuštanja spoja za V\_80kb<sub>2</sub>  
Histogram 75. Učestalost popuštanja spoja za V\_80kb<sub>4</sub>  
Histogram 76. Rezultati čvrstoće knjižnog bloka  
Histogram 77. Rezultati općih i kemijskih svojstava papira  
Histogram 78. Rezultati površinskih i strukturalnih svojstava papira (A/MD)  
Histogram 79. Rezultati površinskih i strukturalnih svojstava papira (B/CD)  
Histogram 80. Rezultati mehaničkih svojstava papira (CD)  
Histogram 81. Rezultati istezanja i krutosti papira (CD)  
Histogram 82. Rezultati linijske deformacije lista papira  
Histogram 83. Rezultati čvrstoće knjižnog bloka s obzirom na starenje

**Popis tablica:**

Tablica 1. Vrijednosne ocjene čvrstoće knjižnog bloka  
Tablica 2. Sistematizacija uzoraka  
Tablica 3. Sistematizacija uzoraka pojedinačnog lista papira  
Tablica 4. Sistematizacija vrijednosti rezultata kvantitativne metode određene vrste papira  
Tablica 5. Sistematizacija vrijednosti rezultata metodom vizualne procjene određene vrste papira

## Prilozi

N 80kb <sub>1</sub> [1-10]		Redni broj uzorka											
23°C/90%RH, 4 god.		Čvrstoća cijepanja lista papira (N/cm)										Arit.sred.	σ
Redni broj lista u KB		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	1.	13,78	13,78	12,38	14,15	13,08	17,75	13,31	13,55	13,08	17,84	14,27	1,92
B	9.	9,11	13,78	7,24	8,32	8,88	9,11	7,24	6,07	6,77	9,58	8,61	2,16
C	17.	9,11	9,81	8,55	9,48	10,28	10,98	7,94	8,88	8,64	11,45	9,51	1,12
D	24.	8,64	10,51	8,22	10,00	11,68	9,11	9,16	8,41	7,71	10,04	9,35	1,21
E	31.	9,34	10,04	7,47	7,52	10,09	9,11	9,34	6,31	7,94	7,24	8,44	1,31
F	35.	10,74	9,58	5,84	7,71	9,34	11,96	5,79	6,54	8,64	8,41	8,46	2,05
G	42.	9,58	11,63	7,29	6,96	8,18	11,49	6,26	7,01	6,54	11,82	8,67	2,25
H	50.	8,41	9,58	6,31	7,94	9,34	9,58	7,01	7,47	7,01	8,22	8,09	1,16
I	57.	6,77	7,71	4,91	6,31	8,88	4,91	6,54	4,86	6,96	10,04	6,79	1,73
J	64.	11,91	13,31	11,21	13,55	12,89	12,89	14,01	9,34	14,72	13,13	12,70	1,54
Arit.sred.		9,74	10,97	7,94	9,19	10,26	10,69	8,66	7,84	8,80	10,78		
σ		1,97	2,07	2,32	2,69	1,73	3,32	2,88	2,43	2,81	3,06		
Ukupna aritmetička sredina:		9,49											
N 80kb <sub>2</sub> [1-10]		Redni broj uzorka											
23°C/90%RH, 2 god.		Čvrstoća cijepanja lista papira (N/cm)										Arit.sred.	σ
Redni broj lista u KB		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	1.	13,55	15,65	12,57	15,09	12,33	10,04	8,55	10,00	14,62	13,69	12,61	2,39
B	9.	5,23	9,39	5,28	3,41	6,68	9,81	5,89	6,82	5,75	4,58	6,28	2,01
C	17.	5,84	8,13	3,64	6,17	7,19	7,15	5,23	5,89	4,95	6,54	6,07	1,28
D	24.	5,09	7,61	5,33	6,68	6,87	8,78	8,27	9,02	7,33	4,81	6,98	1,52
E	31.	8,78	10,46	7,94	7,19	7,15	8,36	9,02	7,61	9,48	6,26	8,23	1,25
F	35.	6,49	8,22	5,89	7,85	5,42	8,13	7,61	6,73	9,62	6,91	7,29	1,25
G	42.	6,31	6,91	5,65	5,61	5,98	6,54	6,91	5,05	9,53	6,03	6,45	1,23
H	50.	6,35	7,80	5,75	6,96	5,56	8,36	7,05	6,26	14,62	5,61	7,43	2,69
I	57.	9,34	6,77	7,75	7,89	5,79	10,79	9,25	7,94	9,81	9,81	8,52	1,55
J	64.	9,48	12,80	11,35	15,18	13,27	15,32	12,38	10,28	13,55	12,75	12,64	1,89
Arit.sred.		7,65	9,38	7,11	8,20	7,62	9,33	8,02	7,56	9,93	7,70		
σ		2,64	2,86	2,85	3,87	2,81	2,47	2,01	1,75	3,44	3,25		
Ukupna aritmetička sredina:		8,25											
N 80kb <sub>1</sub> [1-10]		Redni broj uzorka											
23°C/90%RH, 1 god.		Čvrstoća cijepanja lista papira (N/cm)										Arit.sred.	σ
Redni broj lista u KB		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	1.	14,11	10,74	13,03	10,88	12,15	9,58	9,11	13,69	13,03	9,81	11,61	1,82
B	9.	9,34	7,38	3,74	6,54	6,54	9,81	2,99	6,31	2,24	7,19	6,21	2,53
C	17.	4,58	5,14	7,24	7,47	6,77	3,27	5,89	6,77	3,92	6,21	5,73	1,44
D	24.	4,58	6,49	6,63	8,83	9,95	7,10	7,80	5,70	8,64	8,08	7,38	1,60
E	31.	7,94	10,09	9,16	10,09	9,58	7,99	6,17	6,73	5,84	8,36	8,19	1,56
F	35.	5,56	7,10	8,18	8,41	8,50	7,61	9,90	7,24	7,24	9,06	7,88	1,21
G	42.	7,10	7,61	8,18	10,56	8,97	8,78	8,60	6,73	8,13	9,11	8,38	1,10
H	50.	7,33	5,09	8,55	9,34	7,99	11,87	7,47	5,89	6,91	7,01	7,75	1,89
I	57.	8,22	8,46	8,22	8,88	10,04	13,92	7,94	8,18	9,06	9,06	9,20	1,77
J	64.	12,61	14,95	14,48	14,95	15,60	14,72	13,27	10,51	12,94	12,94	13,90	1,55
Arit.sred.		8,14	8,31	8,74	9,60	9,54	9,55	8,06	8,05	7,55	8,68		
σ		3,18	2,98	3,06	2,31	2,52	3,55	3,05	2,94	3,12	1,87		
Ukupna aritmetička sredina:		8,62											
N 80kb <sub>1</sub> [1-10] nakon uvezivanja		Redni broj uzorka											
Redni broj lista u KB		Čvrstoća cijepanja lista papira (N/cm)										Arit.sred.	σ
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	1.	11,45	11,87	8,97	11,02	10,65	9,58	11,45	9,48	9,11	10,28	10,38	1,06
B	9.	7,66	11,45	10,04	6,73	11,68	6,54	6,17	2,57	4,86	11,21	7,89	3,10
C	17.	5,47	11,02	7,94	9,58	7,71	4,91	6,03	6,54	7,57	8,41	7,52	1,88
D	24.	6,73	6,77	6,68	8,88	9,16	9,11	6,63	5,14	7,24	7,57	7,39	1,30
E	31.	9,16	7,38	7,57	8,27	7,71	8,18	8,41	6,91	6,54	6,26	7,64	0,90
F	35.	7,94	6,21	8,60	9,16	9,34	6,07	7,24	7,38	7,47	9,48	7,89	1,23
G	42.	6,77	8,69	9,62	9,58	10,00	6,35	7,24	6,21	6,49	9,58	8,05	1,57
H	50.	8,88	6,49	9,58	6,59	8,60	7,66	6,54	7,47	8,60	7,05	7,75	1,11
I	57.	6,63	5,79	5,84	5,84	6,26	9,16	7,94	8,03	8,88	6,17	7,05	1,32
J	64.	18,69	12,71	15,18	14,29	16,58	11,91	17,99	11,12	14,72	14,43	14,76	2,48
Arit.sred.		8,94	8,84	9,00	8,99	9,77	7,95	8,56	7,09	8,15	9,04		
σ		3,81	2,66	2,55	2,46	2,86	2,07	3,67	2,32	2,64	2,55		
Ukupna aritmetička sredina:		8,63											

N 100kb <sub>4</sub> [1-10]													
23°C/90%RH, 4 god.		Redni broj uzorka											
	Redni broj lista u KB	Čvrstoća cijepanja lista papira (N/cm)										Arit.sred.	σ
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	1.	9,90	12,89	11,87	16,40	14,72	13,03	12,85	15,98	14,53	9,95	13,21	2,25
B	9.	7,94	9,58	10,28	9,86	11,16	10,42	9,53	9,58	11,16	9,72	9,92	0,93
C	17.	9,62	7,61	11,96	11,35	8,64	11,87	7,57	12,10	11,12	10,51	10,24	1,77
D	24.	9,02	8,22	8,22	9,39	10,51	8,08	8,32	9,11	10,32	10,98	9,22	1,06
E	31.	8,60	7,52	7,24	9,62	9,06	7,10	7,61	9,06	9,25	8,69	8,38	0,92
F	35.	8,88	7,99	8,18	9,62	10,23	8,36	8,18	9,86	10,37	10,51	9,22	1,01
G	42.	7,24	6,07	8,36	8,69	8,88	8,22	5,79	9,30	9,25	9,16	8,10	1,29
H	50.	9,48	8,60	9,16	9,16	8,64	9,11	8,55	9,53	8,60	9,39	9,02	0,39
I	57.	9,11	8,64	7,71	8,60	7,19	7,66	8,69	9,11	7,43	8,97	8,31	0,73
J	64.	13,55	13,31	14,76	15,60	12,43	14,43	13,27	15,46	12,24	13,31	13,84	1,18
Arit.sred.		9,33	9,04	9,77	10,83	10,15	9,83	9,03	10,91	10,43	10,12		
σ		1,68	2,33	2,41	2,84	2,19	2,50	2,33	2,69	2,01	1,34		
Ukupna aritmetička sredina: 9,94													

N 100kb <sub>2</sub> [1-10]													
23°C/90%RH, 2 god.		Redni broj uzorka											
	Redni broj lista u KB	Čvrstoća cijepanja lista papira (N/cm)										Arit.sred.	σ
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	1.	13,22	11,91	11,73	11,35	15,18	11,21	8,41	6,77	10,98	14,95	11,57	2,60
B	9.	6,07	6,77	7,24	8,69	7,24	13,08	7,47	8,88	7,71	7,94	8,11	1,93
C	17.	7,71	9,58	9,95	8,41	9,11	14,01	13,78	11,68	11,21	9,34	10,48	2,15
D	24.	8,88	8,18	7,47	8,41	10,98	10,28	8,88	8,88	10,74	8,64	9,13	1,15
E	31.	9,34	11,45	11,40	8,64	4,81	8,64	9,34	7,94	9,58	8,18	8,93	1,88
F	35.	7,15	8,41	10,28	6,91	8,83	9,81	11,21	10,51	9,81	9,81	9,27	1,42
G	42.	7,71	6,31	10,93	10,09	10,51	13,55	11,59	9,58	9,58	10,74	10,06	2,00
H	50.	8,78	8,41	10,46	8,88	10,51	9,34	16,12	9,81	10,28	9,81	10,24	2,19
I	57.	10,28	10,65	9,34	8,13	8,88	6,54	7,94	11,45	11,21	6,07	9,05	1,88
J	64.	12,10	13,03	13,03	14,86	8,41	14,48	14,25	11,45	10,74	10,51	12,29	2,05
Arit.sred.		9,12	9,47	10,18	9,44	9,45	11,09	10,90	9,69	10,18	9,60		
σ		2,22	2,24	1,81	2,24	2,70	2,63	2,99	1,62	1,07	2,33		
Ukupna aritmetička sredina: 9,91													

N 100kb <sub>1</sub> [1-10]													
23°C/90%RH, 1 god.		Redni broj uzorka											
	Redni broj lista u KB	Čvrstoća cijepanja lista papira (N/cm)										Arit.sred.	σ
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	1.	13,31	13,55	15,18	12,15	14,72	15,65	13,08	14,25	14,20	9,30	13,54	1,82
B	9.	5,61	3,50	4,91	7,71	7,24	4,44	5,61	5,42	7,47	7,01	5,89	1,42
C	17.	6,31	9,02	9,11	9,11	7,94	8,41	8,41	8,60	7,24	8,41	8,25	0,89
D	24.	6,77	7,47	9,58	10,51	8,69	8,88	10,74	7,61	8,41	10,28	8,89	1,37
E	31.	7,47	9,16	10,51	11,91	10,18	7,94	5,51	10,00	10,98	10,51	9,42	1,92
F	35.	6,63	5,05	7,24	9,11	8,60	8,18	5,84	5,51	10,04	9,06	7,53	1,72
G	42.	6,35	9,58	7,94	5,37	8,32	6,03	7,71	8,32	7,71	9,34	7,67	1,38
H	50.	6,54	8,64	9,58	8,64	8,41	7,71	5,61	8,41	7,24	10,42	8,12	1,41
I	57.	9,16	10,28	6,07	8,64	8,64	11,45	9,53	9,06	10,51	10,04	9,34	1,45
J	64.	14,95	16,12	14,95	11,91	13,83	9,16	14,76	13,73	13,03	12,52	13,50	1,98
Arit.sred.		8,31	9,24	9,51	9,51	9,66	8,78	8,68	9,09	9,68	9,69		
σ		3,23	3,67	3,39	2,15	2,55	3,04	3,32	2,96	2,50	1,46		
Ukupna aritmetička sredina: 9,21													

N 100kb <sub>0</sub> [1-10] nakon uvezivanja													
		Redni broj uzorka											
	Redni broj lista u KB	Čvrstoća cijepanja lista papira (N/cm)										Arit.sred.	σ
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	1.	9,16	11,87	14,72	11,12	13,59	13,69	9,25	10,00	11,96	9,48	11,48	2,02
B	9.	8,13	4,95	5,98	9,48	7,89	11,49	13,92	11,21	12,33	14,48	9,99	3,24
C	17.	14,48	9,06	9,58	10,79	11,21	11,21	14,20	13,27	16,30	9,62	11,97	2,45
D	24.	10,28	7,61	6,91	10,51	9,06	8,88	9,76	9,02	10,46	6,49	8,90	1,46
E	31.	11,68	6,96	10,65	11,59	7,85	8,69	8,32	10,28	9,06	8,78	9,38	1,59
F	35.	13,92	11,30	6,21	6,40	7,75	9,39	10,00	9,67	10,84	9,25	9,47	2,32
G	42.	12,61	9,06	9,53	8,13	7,57	12,57	10,32	11,49	10,23	8,88	10,04	1,75
H	50.	8,78	7,29	10,98	11,07	9,67	11,68	7,66	10,42	10,42	5,51	9,35	1,99
I	57.	8,41	10,18	10,28	8,18	9,02	9,62	8,13	11,49	10,74	11,63	9,77	1,31
J	64.	15,32	16,26	16,54	14,39	15,65	11,63	11,12	11,87	14,11	10,23	13,71	2,31
Arit.sred.		11,28	9,45	10,14	10,17	9,93	10,88	10,27	10,87	11,65	9,44		
σ		2,70	3,18	3,44	2,23	2,75	1,67	2,26	1,24	2,14	2,49		
Ukupna aritmetička sredina: 10,41													

P 115kb <sub>1</sub> [1-10]													
23°C/90%RH, 4 god.		Redni broj uzorka											
	Redni broj lista u KB	Čvrstoća cijepanja lista papira (N/cm)										Arit.sred.	σ
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	1.	4.76	6.31	7.29	8.60	2.80	6.12	2.90	8.69	4.91	6.96	5.93	2.09
B	9.	3.46	4.11	3.27	5.61	3.27	4.16	3.41	5.75	3.50	3.22	3.98	0.96
C	17.	3.97	3.32	2.80	3.04	2.57	3.18	2.38	3.08	3.88	2.94	3.12	0.51
D	24.	2.38	3.50	2.71	3.55	2.52	3.88	2.43	3.64	2.43	2.66	2.97	0.60
E	31.	1.87	3.27	2.38	4.58	3.74	3.22	3.69	4.62	1.82	2.43	3.16	1.02
F	35.	3.04	2.85	4.48	3.36	4.91	3.46	4.44	3.32	3.08	4.58	3.75	0.76
G	42.	3.04	4.30	5.89	4.11	3.50	4.48	3.36	3.97	2.99	5.56	4.12	0.99
H	50.	5.89	6.07	5.98	3.69	6.31	6.03	6.26	3.69	5.98	6.12	5.60	1.02
I	57.	5.89	6.31	6.54	4.48	7.01	6.26	6.96	4.76	5.79	6.49	6.05	0.85
J	64.	18.50	17.19	16.58	3.08	17.99	17.19	17.70	3.22	18.31	16.54	14.63	6.09
Arit.sred.		5.28	5.72	5.79	4.41	5.46	5.80	5.35	4.48	5.27	5.75		
σ		4.84	4.24	4.18	1.67	4.67	4.18	4.60	1.70	4.78	4.15		
Ukupna aritmetička sredina:		5.33											

P 115kb <sub>2</sub> [1-10]													
23°C/90%RH, 2 god.		Redni broj uzorka											
	Redni broj lista u KB	Čvrstoća cijepanja lista papira (N/cm)										Arit.sred.	σ
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	1.	8.55	9.48	12.01	6.21	11.16	14.48	11.40	14.90	10.56	17.52	11.63	3.31
B	9.	2.06	3.27	4.34	2.24	0.00	3.92	1.07	0.61	0.98	2.90	2.14	1.47
C	17.	0.70	0.65	2.99	1.07	2.34	0.23	2.34	3.36	0.23	0.93	1.49	1.16
D	24.	1.59	2.71	0.61	2.76	3.18	2.52	1.59	3.13	2.43	0.93	2.14	0.91
E	31.	2.62	2.99	2.24	2.71	2.90	1.07	2.34	0.00	0.00	3.83	2.07	1.29
F	35.	2.34	0.00	3.22	3.08	4.67	4.20	2.99	3.69	2.80	2.94	2.99	1.26
G	42.	0.70	2.71	3.46	3.92	3.27	4.58	0.00	3.69	3.50	3.50	2.93	1.45
H	50.	2.52	0.00	0.61	4.58	3.22	5.28	3.78	3.92	4.67	5.33	3.39	1.85
I	57.	3.92	0.00	0.56	4.20	3.92	3.88	4.39	3.55	4.25	3.92	3.26	1.59
J	64.	9.48	15.18	16.30	17.99	18.69	18.69	17.28	16.91	18.69	17.52	16.67	2.77
Arit.sred.		3.45	3.70	4.63	4.88	5.33	5.89	4.72	5.38	4.81	5.93		
σ		3.09	4.92	5.29	4.82	5.49	5.93	5.41	5.73	5.74	6.25		
Ukupna aritmetička sredina:		4.87											

P 115kb <sub>1</sub> [1-10]													
23°C/90%RH, 1 god.		Redni broj uzorka											
	Redni broj lista u KB	Čvrstoća cijepanja lista papira (N/cm)										Arit.sred.	σ
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	1.	8.69	8.18	13.92	14.86	17.99	15.60	12.61	8.18	13.73	10.51	12.43	3.41
B	9.	3.50	3.18	0.47	2.57	3.69	4.44	4.25	0.00	0.00	0.00	2.21	1.88
C	17.	2.85	0.47	3.27	3.27	3.27	0.00	0.00	3.46	0.93	2.29	1.98	1.46
D	24.	2.76	0.00	3.46	0.00	3.22	3.13	2.52	3.18	0.93	3.08	2.23	1.37
E	31.	3.88	2.80	0.47	0.47	3.74	0.00	0.00	0.00	2.99	3.27	1.76	1.70
F	35.	2.06	4.16	3.27	4.30	0.00	3.41	0.00	0.00	2.99	2.99	2.32	1.72
G	42.	2.71	4.02	0.00	0.70	3.04	0.00	3.13	1.07	2.29	2.29	1.92	1.40
H	50.	4.67	4.25	0.00	3.74	3.83	4.44	4.81	0.00	4.02	2.52	3.23	1.82
I	57.	3.92	4.48	3.74	0.00	2.80	2.06	0.00	3.88	3.78	3.08	2.77	1.61
J	64.	17.56	15.14	15.98	18.45	18.69	18.69	17.00	16.77	15.60	15.28	16.92	1.40
Arit.sred.		5.26	4.67	4.46	4.83	6.03	5.18	4.43	3.65	4.73	4.53		
σ		4.70	4.32	5.76	6.48	6.58	6.58	5.86	5.30	5.41	4.64		
Ukupna aritmetička sredina:		4.78											

P 115kb <sub>0</sub> [1-10] nakon uvezivanja													
		Redni broj uzorka											
	Redni broj lista u KB	Čvrstoća cijepanja lista papira (N/cm)										Arit.sred.	σ
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	1.	10.09	11.87	10.42	6.96	11.35	12.01	13.69	14.01	10.46	16.02	11.69	2.50
B	9.	1.45	2.06	3.50	2.99	0.93	2.80	3.27	3.22	2.90	3.18	2.63	0.86
C	17.	1.12	2.66	3.46	2.34	2.01	2.10	2.52	0.00	2.52	2.99	2.17	0.98
D	24.	2.57	2.01	2.85	2.15	2.15	2.71	3.50	2.52	2.38	2.66	2.55	0.43
E	31.	3.41	2.52	3.41	3.04	0.93	0.70	3.13	2.71	2.94	2.10	2.49	0.97
F	35.	2.24	3.08	3.88	2.71	3.55	2.66	2.29	2.24	2.24	1.07	2.60	0.79
G	42.	2.76	2.80	4.11	3.08	2.48	2.24	3.27	2.29	2.71	2.34	2.81	0.57
H	50.	3.64	2.29	3.92	3.27	3.46	2.94	4.20	2.52	1.96	3.83	3.20	0.75
I	57.	3.41	3.92	4.44	3.18	3.55	4.44	5.00	5.14	3.88	5.28	4.22	0.75
J	64.	17.28	8.60	15.32	16.35	17.66	12.61	13.97	13.50	17.61	16.40	14.93	2.85
Arit.sred.		4.80	4.18	5.53	4.61	4.81	4.52	5.48	4.82	4.96	5.59		
σ		5.05	3.33	4.06	4.34	5.41	4.21	4.46	4.87	5.10	5.71		
Ukupna aritmetička sredina:		4.93											

P 150kb <sub>4</sub> [1-10]													
23°C/90%RH, 4 god.		Redni broj uzorka											
	Redni broj lista u KB	Čvrstoća cijepanja lista papira (N/cm)										Arit.sred.	σ
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	1.	9,34	15,88	13,69	11,02	12,94	15,79	13,64	12,85	9,44	13,22	12,78	2,27
B	9.	6,63	8,08	7,47	5,19	8,13	8,22	7,71	8,32	6,59	7,71	7,40	0,99
C	17.	7,01	5,61	6,07	5,19	6,26	5,33	6,03	6,45	7,05	6,17	6,11	0,63
D	24.	6,82	4,39	5,61	5,79	6,07	4,58	5,79	5,89	6,96	5,79	5,77	0,81
E	31.	5,19	5,09	5,89	5,98	6,07	4,81	5,61	5,98	5,28	5,65	5,55	0,44
F	35.	4,91	5,70	7,01	5,33	5,42	5,51	6,91	5,56	4,76	7,10	5,82	0,87
G	42.	5,28	4,48	6,82	5,61	5,89	4,02	6,96	5,98	5,19	6,91	5,71	1,01
H	50.	5,79	4,91	0,93	5,28	5,65	5,05	0,89	5,84	5,89	2,10	4,23	2,07
I	57.	5,05	4,39	4,86	6,17	5,37	4,48	5,09	5,23	4,86	4,67	5,02	0,51
J	64.	13,08	10,88	12,43	12,15	11,07	10,65	12,05	10,84	13,17	12,52	11,88	0,95
Arit.sred.		6,91	6,94	7,08	6,77	7,29	6,84	7,07	7,29	6,92	7,18		
σ		2,55	3,75	3,65	2,57	2,64	3,75	3,58	2,58	2,61	3,38		
Ukupna aritmetička sredina:		7,03											

P 150kb <sub>2</sub> [1-10]													
23°C/90%RH, 2 god.		Redni broj uzorka											
	Redni broj lista u KB	Čvrstoća cijepanja lista papira (N/cm)										Arit.sred.	σ
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	1.	10,79	14,39	16,21	15,28	14,25	7,66	10,46	13,08	12,19	14,57	12,89	2,62
B	9.	5,79	0,00	3,55	1,68	0,00	7,24	2,52	1,49	3,27	2,71	2,83	2,31
C	17.	5,89	6,54	1,45	4,86	3,92	6,26	5,89	5,89	5,37	3,36	4,94	1,59
D	24.	4,86	4,34	0,79	4,16	7,01	5,89	3,55	5,05	4,81	6,21	4,67	1,70
E	31.	7,47	5,56	5,70	5,42	6,07	5,33	5,89	6,91	4,91	5,79	5,90	0,76
F	35.	6,07	4,16	5,65	3,08	5,23	5,75	0,65	0,00	4,34	4,11	3,91	2,10
G	42.	3,69	2,24	5,47	6,96	6,54	3,69	2,10	1,87	4,67	4,81	4,20	1,81
H	50.	8,88	4,30	5,93	2,48	7,29	4,67	4,62	4,34	3,88	4,95	5,13	1,82
I	57.	7,19	5,19	7,19	1,96	7,61	7,47	4,67	4,39	4,39	6,77	5,69	1,86
J	64.	15,65	16,07	10,79	16,77	14,15	7,15	13,50	13,55	13,36	14,48	13,55	2,81
Arit.sred.		7,63	6,28	6,27	6,26	7,21	6,11	5,39	5,66	6,12	6,78		
σ		3,47	5,07	4,50	5,41	4,30	1,31	3,92	4,55	3,57	4,27		
Ukupna aritmetička sredina:		6,37											

P 150kb <sub>1</sub> [1-10]													
23°C/90%RH, 1 god.		Redni broj uzorka											
	Redni broj lista u KB	Čvrstoća cijepanja lista papira (N/cm)										Arit.sred.	σ
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	1.	11,68	12,15	7,10	12,43	13,08	13,55	10,28	14,01	10,79	7,47	11,25	2,39
B	9.	4,67	2,80	1,87	3,22	3,92	4,91	5,84	3,08	3,88	4,02	3,82	1,14
C	17.	0,70	4,48	0,61	6,77	4,02	5,42	7,47	2,85	5,14	5,89	4,34	2,34
D	24.	4,91	7,01	5,14	7,47	6,77	6,26	5,79	0,56	6,82	5,98	5,67	1,97
E	31.	4,20	5,37	5,28	4,39	3,69	3,78	5,75	5,33	7,47	4,62	4,99	1,12
F	35.	2,34	3,60	4,48	5,42	3,74	3,97	4,58	0,93	4,44	5,37	3,89	1,37
G	42.	6,07	4,20	6,91	6,59	3,97	8,08	6,59	3,88	6,35	5,28	5,79	1,41
H	50.	6,96	4,72	5,47	5,14	2,52	5,75	6,26	5,05	6,21	5,14	5,32	1,20
I	57.	7,01	5,61	7,66	5,93	5,79	5,14	7,19	5,33	5,42	4,95	6,00	0,94
J	64.	11,21	16,58	9,81	13,08	15,88	12,85	10,98	17,99	18,69	17,75	14,48	3,27
Arit.sred.		5,97	6,65	5,43	7,04	6,34	6,97	7,07	5,90	7,52	6,65		
σ		3,48	4,35	2,71	3,25	4,50	3,50	2,05	5,65	4,37	4,01		
Ukupna aritmetička sredina:		6,56											

P 150kb <sub>0</sub> [1-10] nakon uvezivanja													
		Redni broj uzorka											
	Redni broj lista u KB	Čvrstoća cijepanja lista papira (N/cm)										Arit.sred.	σ
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	1.	11,68	11,68	13,31	5,37	12,15	10,56	7,24	10,98	6,77	11,30	10,10	2,66
B	9.	7,01	5,37	6,17	6,07	5,33	7,47	5,61	5,37	5,42	5,19	5,90	0,78
C	17.	7,47	4,76	7,24	8,18	5,37	6,77	5,37	6,77	8,64	6,17	6,68	1,26
D	24.	5,84	6,54	5,14	4,44	5,37	5,61	5,42	4,91	5,89	6,07	5,52	0,61
E	31.	4,20	6,07	4,20	4,91	5,89	4,44	5,84	5,51	4,86	3,69	4,96	0,83
F	35.	5,84	5,37	5,14	4,44	4,34	5,61	4,86	5,37	3,92	6,03	5,09	0,69
G	42.	5,61	5,61	6,31	6,77	6,26	3,04	5,61	5,79	5,51	6,73	5,72	1,06
H	50.	5,61	6,54	6,07	6,07	5,89	4,48	7,47	7,01	7,47	6,07	6,27	0,91
I	57.	4,44	7,71	1,87	3,50	6,31	3,27	7,47	4,91	5,89	5,14	5,05	1,86
J	64.	12,61	11,21	13,08	9,81	8,18	11,21	10,56	7,47	12,71	10,04	10,69	1,88
Arit.sred.		7,03	7,09	6,85	5,96	6,51	6,25	6,54	6,41	6,71	6,64		
σ		2,88	2,44	3,65	1,90	2,21	2,82	1,70	1,84	2,49	2,30		
Ukupna aritmetička sredina:		6,60											



V 80kb <sub>1</sub> [1-10]													
23°C/90%RH, 4 god.		Redni broj uzorka											
	Redni broj lista u KB	Čvrstoća cijepanja lista papira (N/cm)										Arit.sred.	σ
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	1.	14,39	12,89	13,08	13,78	12,85	12,80	12,80	14,34	13,97	13,13	13,40	0,65
B	9.	10,98	8,18	10,00	10,56	12,15	8,03	12,15	11,16	10,56	9,86	10,36	1,42
C	17.	9,11	7,66	11,87	9,34	9,48	7,85	9,48	9,30	9,58	12,01	9,57	1,42
D	24.	10,09	8,41	10,56	10,00	9,53	8,50	9,67	9,90	9,86	10,37	9,69	0,72
E	31.	9,48	9,95	11,73	7,24	10,23	9,86	10,09	9,48	7,38	12,10	9,75	1,56
F	35.	8,18	10,46	8,13	10,04	9,25	10,65	9,30	8,32	10,23	8,08	9,26	1,04
G	42.	10,00	9,62	7,52	11,96	9,86	10,60	10,04	10,14	11,82	7,80	9,94	1,44
H	50.	10,56	11,45	10,51	9,81	11,02	11,16	10,84	10,46	9,95	10,65	10,64	0,51
I	57.	8,78	8,88	10,28	10,98	7,71	8,83	7,80	8,83	10,79	10,42	9,33	1,20
J	64.	12,38	13,22	12,94	12,61	12,66	13,03	12,89	12,29	12,38	12,71	12,71	0,31
Arit.sred.		10,39	10,07	10,66	10,63	10,47	10,13	10,51	10,42	10,65	10,71		
σ		1,84	1,94	1,84	1,84	1,67	1,86	1,66	1,79	1,78	1,82		
Ukupna aritmetička sredina:		10,47											

V 80kb <sub>2</sub> [1-10]													
23°C/90%RH, 2 god.		Redni broj uzorka											
	Redni broj lista u KB	Čvrstoća cijepanja lista papira (N/cm)										Arit.sred.	σ
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	1.	4,91	12,61	5,84	5,61	12,29	8,18	10,28	9,25	10,18	8,88	8,80	2,70
B	9.	7,24	10,42	7,75	10,51	9,58	8,88	5,61	8,88	8,64	10,04	8,75	1,54
C	17.	8,41	12,61	9,34	9,53	12,61	8,41	8,88	8,41	9,44	8,60	9,62	1,63
D	24.	7,24	9,58	7,89	9,11	10,51	10,00	10,28	10,74	9,34	10,28	9,50	1,15
E	31.	7,47	8,32	8,18	7,89	8,60	7,01	9,58	9,81	10,37	10,74	8,80	1,26
F	35.	6,82	9,81	8,60	8,41	8,64	8,27	8,41	5,79	9,06	7,61	8,14	1,14
G	42.	7,94	12,01	8,41	8,32	9,58	7,71	6,91	7,71	7,01	7,15	8,27	1,53
H	50.	7,29	8,13	7,24	7,01	7,94	7,29	9,48	9,16	8,41	7,94	7,99	0,84
I	57.	5,84	6,31	9,34	4,67	7,71	9,11	10,46	11,21	8,18	8,27	8,11	2,06
J	64.	10,74	9,62	11,59	11,68	10,04	8,22	7,01	4,67	9,11	7,66	9,03	2,20
Arit.sred.		7,39	9,94	8,42	8,27	9,75	8,31	8,69	8,56	8,97	8,72		
σ		1,55	2,06	1,51	2,13	1,68	0,88	1,67	2,05	0,98	1,24		
Ukupna aritmetička sredina:		8,70											

V 80kb <sub>1</sub> [1-10]													
23°C/90%RH, 1 god.		Redni broj uzorka											
	Redni broj lista u KB	Čvrstoća cijepanja lista papira (N/cm)										Arit.sred.	σ
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	1.	10,51	9,16	9,48	11,26	10,42	10,46	8,41	6,07	10,04	5,61	9,14	1,92
B	9.	9,81	7,19	5,75	7,61	9,58	10,46	9,25	10,28	11,68	10,09	9,17	1,78
C	17.	10,51	7,10	6,31	10,51	8,32	8,64	10,74	9,72	8,18	10,04	9,01	1,54
D	24.	6,54	6,54	6,73	8,64	6,91	8,18	8,88	8,13	7,71	9,06	7,73	0,99
E	31.	7,94	5,79	7,47	7,71	5,61	3,97	7,47	7,66	7,15	6,91	6,77	1,26
F	35.	7,94	7,24	6,54	8,60	6,82	9,11	8,18	7,94	8,13	10,04	8,05	1,05
G	42.	7,94	6,07	7,01	9,81	4,86	8,18	7,29	8,64	7,47	7,01	7,43	1,37
H	50.	6,68	5,14	5,14	5,37	4,20	5,75	9,06	7,24	7,19	6,31	6,21	1,40
I	57.	5,70	5,61	3,27	4,44	3,97	4,95	2,94	6,31	4,48	5,33	4,70	1,09
J	64.	10,51	10,42	9,48	9,44	10,42	10,04	7,71	10,74	8,83	9,95	9,75	0,93
Arit.sred.		8,41	7,03	6,72	8,34	7,11	7,97	7,99	8,27	8,09	8,03		
σ		1,82	1,65	1,87	2,15	2,48	2,32	2,04	1,59	1,90	1,99		
Ukupna aritmetička sredina:		7,80											

V 80kb <sub>0</sub> [1-10] nakon uvezivanja													
		Redni broj uzorka											
	Redni broj lista u KB	Čvrstoća cijepanja lista papira (N/cm)										Arit.sred.	σ
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	1.	12,15	13,31	10,65	7,94	13,92	5,61	11,45	13,69	8,64	8,18	10,55	2,84
B	9.	6,77	8,18	7,71	7,24	10,51	8,18	12,75	13,31	9,11	8,41	9,22	2,26
C	17.	7,24	8,64	8,64	11,12	10,28	7,24	10,28	9,81	8,69	7,24	8,92	1,41
D	24.	7,01	9,02	10,18	7,47	8,60	6,54	8,18	8,41	9,34	6,91	8,17	1,18
E	31.	8,18	9,81	9,58	5,84	6,31	6,91	9,81	8,22	10,04	7,57	8,23	1,55
F	35.	7,71	8,69	9,25	7,24	9,34	8,64	8,64	9,34	8,32	7,38	8,46	0,78
G	42.	6,31	8,69	9,11	7,94	9,48	7,61	8,88	7,94	9,06	8,36	8,34	0,93
H	50.	8,18	9,34	9,11	7,01	7,01	7,47	8,32	7,10	10,00	5,14	7,87	1,42
I	57.	4,91	10,51	8,88	6,31	11,21	5,37	5,37	5,61	10,88	7,47	7,65	2,51
J	64.	11,45	13,31	13,78	14,72	11,96	11,21	9,58	13,92	7,89	10,74	11,86	2,13
Arit.sred.		7,99	9,95	9,69	8,28	9,86	7,48	9,32	9,74	9,20	7,74		
σ		2,23	1,89	1,65	2,67	2,26	1,67	2,00	2,93	0,90	1,41		
Ukupna aritmetička sredina:		8,92											

<b>N 80kb<sub>0</sub> [1-10]</b>										
nakon uveza										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			
A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	A
B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
C	A	A	A	A	A	K <sub>p</sub>	A	A	A	A
D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
F	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
G	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
H	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
I	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
J	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
								Frekvencija K <sub>p</sub> :		
								Frekvencija A:		
								Frekvencija K <sub>ij</sub> :		

19  
81  
0

<b>N 80kb<sub>1</sub> [1-10]</b>										
23°C/90%RH, 1god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			
A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
B	A	A	A	A	A	A	K <sub>p</sub>	A	A	A
C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
E	A	A	A	A	A	A	K <sub>p</sub>	A	A	A
F	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
G	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
H	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
I	A	A	A	A	A	K <sub>p</sub>	A	A	A	A
J	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>
								Frekvencija K <sub>p</sub> :		
								Frekvencija A:		
								Frekvencija K <sub>ij</sub> :		

21  
79  
0

<b>N 80kb<sub>2</sub> [1-10]</b>										
23°C/90%RH, 2god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			
A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
F	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
G	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
H	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
I	A	K <sub>p</sub>	A	A	A	A	A	A	K <sub>p</sub>	A
J	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
								Frekvencija K <sub>p</sub> :		
								Frekvencija A:		
								Frekvencija K <sub>ij</sub> :		

21  
79  
0

<b>N 80kb<sub>3</sub> [1-10]</b>										
23°C/90%RH, 4god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			
A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
B	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	A	A	A
C	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	A	A	A	A
D	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	A	A	A
E	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	A	A	A	A
F	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	A	A	A	A
G	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	A	A	A
H	A	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	A	A	A
I	A	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	A	A	A	A
J	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
								Frekvencija K <sub>p</sub> :		
								Frekvencija A:		
								Frekvencija K <sub>ij</sub> :		

54  
46  
0

<b>N 100kb<sub>0</sub> [1-10]</b>										
nakon uveza										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	K <sub>p</sub> (u masi papira)			K <sub>p</sub> (u masi papira)			K <sub>p</sub> (u masi papira)			
A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
E	K <sub>p</sub>	A	A	A	A	A	A	A	A	A
F	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
G	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
H	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
I	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
J	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
								Frekvencija K <sub>p</sub> :		21
								Frekvencija A:		79
								Frekvencija K <sub>ij</sub> :		0

<b>N 100kb<sub>1</sub> [1-10]</b>										
23°C/90%RH, 1god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	K <sub>p</sub> (u masi papira)			K <sub>p</sub> (u masi papira)			K <sub>p</sub> (u masi papira)			
A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
F	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
G	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
H	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
I	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
J	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
								Frekvencija K <sub>p</sub> :		20
								Frekvencija A:		80
								Frekvencija K <sub>ij</sub> :		0

<b>N 100kb<sub>2</sub> [1-10]</b>										
23°C/90%RH, 2god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	K <sub>p</sub> (u masi papira)			K <sub>p</sub> (u masi papira)			K <sub>p</sub> (u masi papira)			
A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
E	A	A	A	A	K <sub>p</sub>	A	A	A	A	A
F	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
G	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
H	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
I	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
J	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
								Frekvencija K <sub>p</sub> :		21
								Frekvencija A:		79
								Frekvencija K <sub>ij</sub> :		0

<b>N 100kb<sub>3</sub> [1-10]</b>										
23°C/90%RH, 4god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	K <sub>p</sub> (u masi papira)			K <sub>p</sub> (u masi papira)			K <sub>p</sub> (u masi papira)			
A	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>
B	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	A	A	A	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	A
C	K <sub>p</sub>	A	A	A	A	A	A	A	K <sub>p</sub>	A
D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
F	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
G	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
H	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
I	K <sub>p</sub>	A	A	A	A	A	A	A	K <sub>p</sub>	A
J	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
								Frekvencija K <sub>p</sub> :		26
								Frekvencija A:		74
								Frekvencija K <sub>ij</sub> :		0

P_115kb <sub>0</sub> [1-10]										
nakon uveza										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	K <sub>p</sub> (u masi papira)			K <sub>p</sub> (u masi papira)				K <sub>p</sub> (u masi papira)		
A	A	A	A	A	A	A	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
F	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
G	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
H	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
I	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
J	A	A	A	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>

Frekvencija K<sub>p</sub>: 8

Frekvencija A: 92

Frekvencija K<sub>j</sub>: 0

P_115kb <sub>1</sub> [1-10]										
23°C/90%RH, 1god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	K <sub>p</sub> (u masi papira)			K <sub>p</sub> (u masi papira)				K <sub>p</sub> (u masi papira)		
A	A	A	A	A	A	K <sub>p</sub>	A	A	A	A
B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
F	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
G	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
H	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
I	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
J	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	A	K <sub>p</sub>

Frekvencija K<sub>p</sub>: 8

Frekvencija A: 92

Frekvencija K<sub>j</sub>: 0

P_115kb <sub>2</sub> [1-10]										
23°C/90%RH, 2god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	K <sub>p</sub> (u masi papira)			K <sub>p</sub> (u masi papira)				K <sub>p</sub> (u masi papira)		
A	K <sub>p</sub>	A	A	A	A	A	A	A	A	A
B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
F	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
G	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
H	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
I	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
J	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>

Frekvencija K<sub>p</sub>: 10

Frekvencija A: 90

Frekvencija K<sub>j</sub>: 0

P_115kb <sub>4</sub> [1-10]										
23°C/90%RH, 4god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	K <sub>p</sub> (u masi papira)			K <sub>p</sub> (u masi papira)				K <sub>p</sub> (u masi papira)		
A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
F	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
G	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
H	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
I	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
J	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>

Frekvencija K<sub>p</sub>: 17

Frekvencija A: 83

Frekvencija K<sub>j</sub>: 0

<b>P_150kb<sub>0</sub> [1-10]</b>										
<b>nakon uveza</b>										
<b>RB uzorka</b>	<b>1.</b>	<b>2.</b>	<b>3.</b>	<b>4.</b>	<b>5.</b>	<b>6.</b>	<b>7.</b>	<b>8.</b>	<b>9.</b>	<b>10.</b>
<b>Redni broj lista u KB</b>	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)				<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)		
<b>A</b>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
<b>B</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>C</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>D</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>E</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>F</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>G</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>H</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>I</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>J</b>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>

Frekvencija K<sub>p</sub>: 20

Frekvencija A: 80

Frekvencija K<sub>j</sub>: 0

<b>P_150kb<sub>1</sub> [1-10]</b>										
<b>23°C/90%RH, 1god.</b>										
<b>RB uzorka</b>	<b>1.</b>	<b>2.</b>	<b>3.</b>	<b>4.</b>	<b>5.</b>	<b>6.</b>	<b>7.</b>	<b>8.</b>	<b>9.</b>	<b>10.</b>
<b>Redni broj lista u KB</b>	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)				<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)		
<b>A</b>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
<b>B</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>C</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>D</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>E</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>F</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>G</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>H</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>I</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>J</b>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>

Frekvencija K<sub>p</sub>: 20

Frekvencija A: 80

Frekvencija K<sub>j</sub>: 0

<b>P_150kb<sub>2</sub> [1-10]</b>										
<b>23°C/90%RH, 2god.</b>										
<b>RB uzorka</b>	<b>1.</b>	<b>2.</b>	<b>3.</b>	<b>4.</b>	<b>5.</b>	<b>6.</b>	<b>7.</b>	<b>8.</b>	<b>9.</b>	<b>10.</b>
<b>Redni broj lista u KB</b>	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)				<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)		
<b>A</b>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
<b>B</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>C</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>D</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>E</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>F</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>G</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>H</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>I</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>J</b>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>

Frekvencija K<sub>p</sub>: 20

Frekvencija A: 80

Frekvencija K<sub>j</sub>: 0

<b>P_150kb<sub>3</sub> [1-10]</b>										
<b>23°C/90%RH, 4god.</b>										
<b>RB uzorka</b>	<b>1.</b>	<b>2.</b>	<b>3.</b>	<b>4.</b>	<b>5.</b>	<b>6.</b>	<b>7.</b>	<b>8.</b>	<b>9.</b>	<b>10.</b>
<b>Redni broj lista u KB</b>	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)				<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)		
<b>A</b>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
<b>B</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>C</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>D</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>E</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>F</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>G</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>H</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>I</b>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>J</b>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>

Frekvencija K<sub>p</sub>: 20

Frekvencija A: 80

Frekvencija K<sub>j</sub>: 0

<b>V. 80kb<sub>0</sub> [1-10]</b>										
nakon uveza										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			
A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
B	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A
C	K <sub>p</sub>	A	A	A	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	A
D	A	K <sub>p</sub>	A	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	A	A	A
E	A	A	A	A	A	A	A	A	K <sub>p</sub>	A
F	K <sub>p</sub>	A	A	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>
G	K <sub>p</sub>	A	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>
H	K <sub>p</sub>	A	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	A	A	A	K <sub>p</sub>
I	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
J	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
								Frekvencija K <sub>p</sub> :		54
								Frekvencija A:		46
								Frekvencija K <sub>ij</sub> :		0

<b>V. 80kb<sub>1</sub> [1-10]</b>										
23°C/90%RH, 1god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			
A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
B	K <sub>p</sub>	A	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
C	K <sub>p</sub>	A	A	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	A	A	A
D	A	A	A	K <sub>p</sub>	A	A	A	A	A	A
E	A	A	K <sub>p</sub>	A	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	A	K <sub>p</sub>
F	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
G	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
H	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	A	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
I	A	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	A	A	A	A	A
J	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
								Frekvencija K <sub>p</sub> :		64
								Frekvencija A:		36
								Frekvencija K <sub>ij</sub> :		0

<b>V. 80kb<sub>2</sub> [1-10]</b>										
23°C/90%RH, 2god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			
A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
B	K <sub>p</sub>	A	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
C	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A
D	A	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A
E	K <sub>p</sub>	A	A	A	A	A	A	A	K <sub>p</sub>	A
F	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	A	K <sub>p</sub>	A	A
G	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	A	A	A
H	K <sub>p</sub>	A	A	A	K <sub>p</sub>	A	A	K <sub>p</sub>	A	A
I	A	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	A
J	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
								Frekvencija K <sub>p</sub> :		60
								Frekvencija A:		40
								Frekvencija K <sub>ij</sub> :		0

<b>V. 80kb<sub>3</sub> [1-10]</b>										
23°C/90%RH, 4god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			<b>K<sub>p</sub></b> (u masi papira)			
A	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
B	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
C	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
D	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
E	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
F	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
G	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
H	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
I	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
J	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>	K <sub>p</sub>
								Frekvencija K <sub>p</sub> :		100
								Frekvencija A:		0
								Frekvencija K <sub>ij</sub> :		0

**Amber graphic - 80g/m<sup>2</sup>**

Svojstva papira	J.M.	Rezultat	Standard
Gramatura	[g/m <sup>2</sup> ]	77,94	ISO 536
Debljina	[μm]	86,85	ISO 534
Volumen	[g/m <sup>3</sup> ]	1,11	ISO 534
Udio pepela	[%]	25,18	TAPPI T413
Udio CaCO <sub>3</sub>	[%]	15,94	TAPPI T413
Površinska hrapavost-Bendtsen A	[ml/min]	228,50	ISO 2494
B	[ml/min]	164,00	
Površinska upojnost vode-Cobb60			ISO 535
A	[g/m <sup>2</sup> ]	50,70	
B	[g/m <sup>2</sup> ]	40,21	
Kapilarna upojnost-Klemm A	[mm]	16,00	ISO 8787
B	[mm]	17,00	
Indeks čvrstoće MD	[Nm/g]	63,11	ISO 1924-2
CD	[Nm/g]	26,78	
Linijaska deformacija MD	[%]	1,96	ISO 1924-2
CD	[%]	3,40	
Naprezanje MD	[MPa]	58,04	ISO 2758
CD	[MPa]	24,63	
Modul elastičnosti MD	[GPa]	4,82	ISO 2758
CD	[GPa]	2,10	
Indeks cijepanja MD	[mNm <sup>2</sup> /g]	24,77	ISO 1974
CD	[mNm <sup>2</sup> /g]	20,60	

**Amber graphic - 100g/m<sup>2</sup>**

Svojstva papira	J.M.	Rezultat	Standard
Gramatura	[g/m <sup>2</sup> ]	93,87	ISO 536
Debljina	[μm]	113,65	ISO 534
Volumen	[g/m <sup>3</sup> ]	1,21	ISO 534
Udio pepela	[%]	28,46	TAPPI T413
Udio CaCO <sub>3</sub>	[%]	22,36	TAPPI T413
Površinska hrapavost-Bendtsen A	[ml/min]	178,80	ISO 2494
B	[ml/min]	167,50	
Površinska upojnost vode-Cobb60			ISO 535
A	[g/m <sup>2</sup> ]	34,57	
B	[g/m <sup>2</sup> ]	38,03	
Kapilarna upojnost-Klemm A	[mm]	18,20	ISO 8787
B	[mm]	17,00	
Indeks čvrstoće MD	[Nm/g]	53,56	ISO 1924-2
CD	[Nm/g]	26,77	
Linijaska deformacija MD	[%]	1,73	ISO 1924-2
CD	[%]	2,75	
Naprezanje MD	[MPa]	48,69	ISO 2758
CD	[MPa]	24,33	
Modul elastičnosti MD	[GPa]	4,38	ISO 2758
CD	[GPa]	2,26	
Indeks cijepanja MD	[mNm <sup>2</sup> /g]	32,37	ISO 1974
CD	[mNm <sup>2</sup> /g]	19,03	

**Magno gloss - 115g/m<sup>2</sup>**

Svojstva papira	J.M.	Rezultat	Standard
Gramatura	[g/m <sup>2</sup> ]	113,50	ISO 536
Debljina	[μm]	83,50	ISO 534
Volumen	[g/m <sup>3</sup> ]	0,74	ISO 534
Udio pepela	[%]	45,65	TAPPI T413
Udio CaCO <sub>3</sub>	[%]	47,93	TAPPI T413
Površinska hrapavost-Bendtsen A	[ml/min]	10,10	ISO 2494
B	[ml/min]	9,60	
Površinska upojnost vode-Cobb60			ISO 535
A	[g/m <sup>2</sup> ]	51,87	
B	[g/m <sup>2</sup> ]	41,45	
Kapilarna upojnost-Klemm A	[mm]	21,25	ISO 8787
B	[mm]	21,20	
Indeks čvrstoće MD	[Nm/g]	47,19	ISO 1924-2
CD	[Nm/g]	20,64	
Linijaska deformacija MD	[%]	1,82	ISO 1924-2
CD	[%]	4,74	
Naprezanje MD	[MPa]	67,18	ISO 2758
CD	[MPa]	26,75	
Modul elastičnosti MD	[GPa]	6,66	ISO 2758
CD	[GPa]	2,27	
Indeks cijepanja MD	[mNm <sup>2</sup> /g]	19,28	ISO 1974
CD	[mNm <sup>2</sup> /g]	14,84	

**Magno satin - 150g/m<sup>2</sup>**

Svojstva papira	J.M.	Rezultat	Standard
Gramatura	[g/m <sup>2</sup> ]	147,23	ISO 536
Debljina	[μm]	128,58	ISO 534
Volumen	[g/m <sup>3</sup> ]	0,87	ISO 534
Udio pepela	[%]	45,81	TAPPI T413
Udio CaCO <sub>3</sub>	[%]	49,53	TAPPI T413
Površinska hrapavost-Bendtsen A	[ml/min]	22,78	ISO 2494
B	[ml/min]	22,00	
Površinska upojnost vode-Cobb60 A	[g/m <sup>2</sup> ]	46,78	ISO 535
B	[g/m <sup>2</sup> ]	42,87	
Kapilarna upojnost-Klemm A	[mm]	28,50	ISO 8787
B	[mm]	22,60	
Indeks čvrstoće MD	[Nm/g]	52,58	ISO 1924-2
CD	[Nm/g]	20,94	
Linijaska deformacija MD	[%]	1,67	ISO 1924-2
CD	[%]	3,14	
Naprezanje MD	[MPa]	57,54	ISO 2758
CD	[MPa]	27,17	
Modul elastičnosti MD	[GPa]	5,86	ISO 2758
CD	[GPa]	1,99	
Indeks cijepanja MD	[mNm <sup>2</sup> /g]	21,58	ISO 1974
CD	[mNm <sup>2</sup> /g]	16,74	



**Munken Print White 15 - 80g/m<sup>2</sup>**

Svojstva papira	J.M.	Rezultat	Standard
Gramatura	[g/m <sup>2</sup> ]	77,69	ISO 536
Debljina	[μm]	115,54	ISO 534
Volumen	[g/m <sup>3</sup> ]	1,49	ISO 534
Udio pepela	[%]	21,12	TAPPI T413
Udio CaCO <sub>3</sub>	[%]	21,27	TAPPI T413
Površinska hrapavost-Bendtsen A	[ml/min]	413,50	ISO 2494
B	[ml/min]	405,56	
Površinska upojnost vode-Cobb60			ISO 535
A	[g/m <sup>2</sup> ]	34,24	
B	[g/m <sup>2</sup> ]	33,71	
Kapilarna upojnost-Klemm A	[mm]	19,50	ISO 8787
B	[mm]	16,60	
Indeks čvrstoće MD	[Nm/g]	54,45	ISO 1924-2
CD	[Nm/g]	19,91	
Linijaska deformacija MD	[%]	1,60	ISO 1924-2
CD	[%]	3,10	
Naprezanje MD	[MPa]	41,88	ISO 2758
CD	[MPa]	15,31	
Modul elastičnosti MD	[GPa]	3,69	ISO 2758
CD	[GPa]	1,28	
Indeks cijepanja MD	[mNm <sup>2</sup> /g]	24,27	ISO 1974
CD	[mNm <sup>2</sup> /g]	15,57	

**Rezultati mjerenja širine presjeka (d, μm) lista papira**

d (μm)		d (μm)	
N_80kb <sub>x</sub>	332,22	P_115kb <sub>x</sub>	92,46
N_80kb <sub>I0</sub>	99,36	P_115kb <sub>C0</sub>	120,35
N_80kb <sub>I1</sub>	113,49	P_115kb <sub>F1</sub>	107,64
N_80kb <sub>B2</sub>	123,03	P_115kb <sub>D2</sub>	120,94
N_80kb <sub>B4</sub>	78,69	P_115kb <sub>C4</sub>	131,31
d (μm)		d (μm)	
N_100kb <sub>x</sub>	207,70	P_150kb <sub>x</sub>	155,11
N_100kb <sub>C0</sub>	116,86	P_150kb <sub>B0</sub>	153,60
N_100kb <sub>I1</sub>	87,72	P_150kb <sub>I1</sub>	193,72
N_100kb <sub>e2</sub>	185,94	P_150kb <sub>C2</sub>	181,91
N_100kb <sub>G4</sub>	104,75	P_150kb <sub>C4</sub>	127,37
d (μm)			
V_80kb <sub>x</sub>	116,92		
V_80kb <sub>E0</sub>	134,81		
V_80kb <sub>E1</sub>	231,23		
V_80kb <sub>H2</sub>	350,45		
V_80kb <sub>H4</sub>	161,27		

\*Vrijednosti aritmetičkih sredina širine presjeka

*\*Rezultati preliminarnih istraživanja (metoda vizualne procjene)*

P 80kb <sub>1</sub> [1-10]*										
80°C/65%RH, 1god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	K <sub>p</sub> (u masi papira)			K <sub>p</sub> (u masi papira)				K <sub>p</sub> (u masi papira)		
A	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
B	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
C	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
D	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
E	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
F	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
G	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
H	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
I	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
J	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
								Frekvencija K <sub>p</sub> :	0	
								Frekvencija A:	0	
								Frekvencija K <sub>ij</sub> :	100	

P 80kb <sub>2</sub> [1-10]*										
80°C/65%RH, 2god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	K <sub>p</sub> (u masi papira)			K <sub>p</sub> (u masi papira)				K <sub>p</sub> (u masi papira)		
A	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
B	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
C	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
D	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
E	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
F	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
G	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
H	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
I	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
J	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
								Frekvencija K <sub>p</sub> :	0	
								Frekvencija A:	0	
								Frekvencija K <sub>ij</sub> :	100	

N 100kb <sub>1</sub> [1-10]*										
80°C/65%RH, 1god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	K <sub>p</sub> (u masi papira)			K <sub>p</sub> (u masi papira)				K <sub>p</sub> (u masi papira)		
A	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
B	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
C	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
D	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
E	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
F	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
G	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
H	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
I	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
J	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
								Frekvencija K <sub>p</sub> :	0	
								Frekvencija A:	0	
								Frekvencija K <sub>ij</sub> :	100	

N 100kb <sub>2</sub> [1-10]*										
80°C/65%RH, 2god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	K <sub>p</sub> (u masi papira)			K <sub>p</sub> (u masi papira)				K <sub>p</sub> (u masi papira)		
A	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
B	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
C	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
D	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
E	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
F	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
G	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
H	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
I	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
J	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
								Frekvencija K <sub>p</sub> :	0	
								Frekvencija A:	0	
								Frekvencija K <sub>ij</sub> :	100	

\*Rezultati preliminarnih istraživanja (metoda vizualne procjene)

P_115kb <sub>1</sub> [1-10]* 80°C/65%RH, 1god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	K <sub>p</sub> (u masi papira)			K <sub>p</sub> (u masi papira)				K <sub>p</sub> (u masi papira)		
A	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
B	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
C	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
D	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
E	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
F	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
G	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
H	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
I	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
J	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
								Frekvencija K <sub>p</sub> :		0
								Frekvencija A:		0
								Frekvencija K <sub>ij</sub> :		100

P_115kb <sub>2</sub> [1-10]* 80°C/65%RH, 2god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	K <sub>p</sub> (u masi papira)			K <sub>p</sub> (u masi papira)				K <sub>p</sub> (u masi papira)		
A	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
B	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
C	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
D	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
E	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
F	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
G	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
H	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
I	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
J	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
								Frekvencija K <sub>p</sub> :		0
								Frekvencija A:		0
								Frekvencija K <sub>ij</sub> :		100

P_150kb <sub>1</sub> [1-10]* 80°C/65%RH, 1god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	K <sub>p</sub> (u masi papira)			K <sub>p</sub> (u masi papira)				K <sub>p</sub> (u masi papira)		
A	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
B	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
C	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
D	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
E	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
F	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
G	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
H	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
I	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
J	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
								Frekvencija K <sub>p</sub> :		0
								Frekvencija A:		0
								Frekvencija K <sub>ij</sub> :		100

P_150kb <sub>2</sub> [1-10]* 80°C/65%RH, 2god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	K <sub>p</sub> (u masi papira)			K <sub>p</sub> (u masi papira)				K <sub>p</sub> (u masi papira)		
A	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
B	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
C	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
D	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
E	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
F	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
G	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
H	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
I	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
J	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
								Frekvencija K <sub>p</sub> :		0
								Frekvencija A:		0
								Frekvencija K <sub>ij</sub> :		100

*\*Rezultati preliminarnih istraživanja (metoda vizualne procjene)*

V 80kb <sub>1</sub> [1-10]*										
80°C/65%RH, 1god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	K <sub>p</sub> (u masi papira)			A (na među površini)				K <sub>ij</sub> (u sloju mase ljepljiva)		
A	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
B	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
C	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
D	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
E	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
F	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
G	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
H	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
I	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
J	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
									Frekvencija K <sub>p</sub> :	0
									Frekvencija A:	0
									Frekvencija K <sub>ij</sub> :	100

V 80kb <sub>2</sub> [1-10]*										
80°C/65%RH, 2god.										
RB uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Redni broj lista u KB	Evaluacija popuštanja spoja na mjestu linije uvezivanja									
	K <sub>p</sub> (u masi papira)			K <sub>p</sub> (u masi papira)				K <sub>p</sub> (u masi papira)		
A	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
B	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
C	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
D	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
E	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
F	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
G	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
H	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
I	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
J	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>	K <sub>ij</sub>
									Frekvencija K <sub>p</sub> :	0
									Frekvencija A:	0
									Frekvencija K <sub>ij</sub> :	100

---

## Životopis

Ime i prezime: Suzana Pasanec Preprotić

Narodnost: Hrvatica

Obrazovanje:

- 1978.-1987. Osnovna škola „Miloje Pavlović“, Zagreb
- 1987.-1991. Maturirala u Grafičkom obrazivnom centru, Zagreb
- 1991.-1994. Diplomirala na Grafičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (V. stupanj – inženjer grafičke tehnologije)
- 1997.-2001. Diplomirala na Grafičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (usmjerenje tehničko-tehnološko oblikovanje grafičkih proizvoda)

Radno iskustvo:

- 1994.-2008. Pasanec, poduzeće za grafičku proizvodnju i trgovinu d.o.o. Velika Gorica (obiteljska tvrtka)
- 2008.- asistentica iz kolegija
  - Ručni uvez knjige (preddiplomski studij)
  - Knjigoveštvo 1 (preddiplomski studij)
  - Knjigoveštvo 2 (diplomski studij)

Područje interesa:

- realizacija i oblikovanje grafičkog proizvoda
- vođenje tehnološke pripreme rada (grafička priprema, ofsetni tisak i knjigovežnica)

Strani jezik: engleski

Usavršavanja i studijska putovanja:

- COST Action FP 1003  
New technologies for treatments in the end-o-use of packaging materials, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 12.9.-15.9.2011. godine (organizatorica: izv. prof. dr. sc. Branka Lozo)
- posjet tvornici KBA Koenig & Bauer Group, Dresden 2001. godine (voditelj putovanja: dr. sc. Božidar Juri)

---

## Popis objavljenih radova

### A Znanstvena djelatnost

#### 1 Znanstveni radovi

##### 1.1. Rad u knjizi koja ima serijsku publikaciju

**Bolanča Mirković, I., Mikac Dadić, V., Pasanec, S.** (2005). *The role of chemicals in deinking flotation process*, In: Graphic Arts -Technology, Design, Communications: Scientific Book 2005, pp. 179-188, ISBN 953-96020-3-3, Faculty of Graphic Arts & Matica Hrvatska,Ogranak; Pulp and Paper Institute, Croatia, 2005, Senj

##### 1.2. Znanstveni rad objavljen u inozemnom časopisu (A kategorija)

**Pasanec Preprotić, S., Babić, D., Tuzović, A.** (2011). *The Influence of Paper Permanence on Adhesive Joint Strength*, TTEM-Technics Technologies Education Management, Vol.6, No.4; 1024-1031 (izvorni znanstveni članak), ISSN 1840-1503

**Pasanec Preprotić, S., Babić, D., Tuzović, A.** (2012). *Research of Adhesive Joint Strength Dependency in Relation to Position of Loose Leaf in Text Block*, Tehnički vjesnik, znanstveno-stručni časopis tehničkih fakulteta Sveučilišta u Osijeku; Vol.19, No.1. (izvorni znanstveni članak), ISSN 1330-3651

**Pasanec Preprotić, S., Budimir, I., Lajić, B.** (2012). *The Bulky Paper Properties Influence on the Adhesive Bond Strength*, Materials Testing Materialprüfung, ISSN 0025-5300 – rad prihvaćen za objavljivanje

##### 1.3. Znanstveni rad objavljen u međunarodnom časopisu (B kategorija)

**Pasanec Preprotić, S., Babić, D., Tuzović, A.** (2011). *Bindability of High Grades Papers by Perfect Binding Technique*, Acta Graphica Journal for Printing Science and Graphic Communications, Vol.22, N.1-2, 21-32, ISSN:0353-4707 UDC 655(05)

##### 1.4. Znanstveni rad objavljen u međunarodnom časopisu (C kategorija)

**Petrović, M., Pasanec Preprotić, S., Babić, D.** (2011). *Sintetički papir i njegove mogućnosti uvezivanja*, Tehnički glasnik, časopis Veleučilišta u Varaždinu. Vol.5. (2011) , No.2; 52-55, ISSN 1846-6168 (članak, znanstveni)

---

1.5. Znanstveni rad objavljen u zborniku radova s međunarodnog znanstvenog skupa s recenzijom editora

**Pasanec Preprotić, S., Lajić, B., Jurečić, D.** (2011). *Perfect Binding Technique Affects The Paperback Adhesive Binding Strength*, Proceeding of the 15<sup>th</sup> International Conference on Printing, Design and Graphic Communications Blaž Baromić 2011, pp. 428-435, Croatian Society of Graphic Artists, Croatia, ISBN 978-953-56838-1-0, Croatia, September 2011, Senj

**Pasanec Preprotić, S., Babić D., Tuzović, A.** (2011). *Vrednovanje kvalitete slijepljenog spoja obzirom na fizikalna svojstva papira*, Proceeding of the 2<sup>nd</sup> International Scientific and Professional Conference of Graphic Technology and Design GeDIT 2011, pp. 106-113, ISSN 2232-8831, Univerzitet u Travniku, Fakultet za tehničke studije u Kiseljaku, Bosna and Herzegovina, June 2011, Kiseljak

**Pasanec Preprotić, S., Jurečić, D., Babić, D., Lajić, B.** (2010). *Important factors of paperback books quality of adhesion strength in adhesive binding*, Annals of DAAAM for 2010 & Proceedings of the 21st International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation - Focus on Interdisciplinary Solutions", pp. 0953-0954, Austria, November 2010, Vienna

**Babić, D., Lajić, B., Jurečić, D., Pasanec Preprotić, S.** (2010). *The construction of corrugated boxes as a key parameter of their strength*, Proceeding of the 11<sup>th</sup> International Design Conference and Workshop (Design 2010), Design graphics with security elements; Vol. 4, pp.1957-1962, University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts, 2010, Zagreb

**Jurečić, D., Jokić, T., Miljković, P., Kajganović, J., Pasanec Preprotić, S.** (2010) *Primjena Guggenheim–Anderso–De Boer (GAB) modela u analizi reoloških svojstava valovitog kartona*, Zbornik radova, 14. Međunarodno savjetovanje tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija Blaž Baromić 2010, Str. 220-227, Grafički fakultet u Zagrebu, ISBN 978-953-7644-06-2, Hrvatska, listopad 2010., Senj

**Pasanec, S., Bolanča Mirković, I.** (2006) *Characteristics of the offset inks based on renewable raw materials*, Zbornik radova, 10. međunarodno savjetovanje tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija Blaž Baromić 2006, Str.257-260, Grafički fakultet u Zagrebu i Matica hrvatska, Ogranak, ISBN:953-96020-6-8, Hrvatska, lipanj 2006., Senj, Novi Vinodolski

**Brozović, M., Knešaurek, N., Pasanec, S.** (2005) *Reprodukcija dizajnerskog rješenja plakata izrađenog u dvije slikarske tehnike*, Proceedings Book of the 10<sup>th</sup> Congress of the International Colour Association (AIC Colour 05), Nieves, Juan L.; Hernandez-Andres, J. (ur.), pp. 1395-1398, Graficas Alhambra, S.A., Spain, 2005, Granada

---

1.5 Znanstveni rad objavljen u zborniku radova s domaćeg znanstvenog skupa s recenzijom editora

**Bolanča, I., Mikac Dadić, V., Pasanec, S.** (2004) *Utjecaj kemikalija deinkinga na kvalitetu recikliranih vlakana*, Zbornik radova, 8. Savjetovanje tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija Blaž Baromić 2004, Str. 293-298, Grafički fakultet u Zagrebu i Matica hrvatska, Ogranak, ISBN:953-96020-2-5, Hrvatska, rujan 2004., Lovran

## **B Stručna djelatnost**

### **1 Stručni radovi**

1.1 .Stručni rad objavljen u zborniku radova s domaćeg znanstvenog skupa s recenzijom editora

**Pasanec, S., Bolanča, I.** (2003) *Mogućnost primjene norme ISO 14001 u manjim grafičkim poduzećima*, Zbornik radova, 7. Znanstveno stručni simpozij hrvatskih grafičara Blaž Baromić 2003, Str.239-244, Grafički fakultet u Zagrebu i Matica hrvatska, Ogranak, ISBN:953-97037-3-5, Hrvatska, lipanj 2003., Senj

1.2. Sažeci stručnih radova objavljen u zborniku radova s međunarodnog znanstvenog skupa s recenzijom editora

**Pasanec Preprotić, S., Babić, D., Lajić, B., Jurečić, D.** (2010). *Distribucija čvrstoće knjižnog bloka u ovisnosti o položaju lista papira*, Zbornik radova sa Znanstvenog stručnog skupa Tiskarstvo 2010, FotoSoft, veljača 2010., Stubičke Toplice

**Jurečić, D., Babić, D., Lajić, B., Pasanec Preprotić, S.** (2010). *Trendovi zaštite ambalažom u suvremenom pakiranju i distribuciji proizvoda*, Zbornik radova sa Znanstvenog stručnog skupa Tiskarstvo 2010, FotoSoft, veljača 2010., Stubičke Toplice

**Pasanec Preprotić, S., Lajić, B., Babić, D.** (2009). *Utjecaj različitih kvaliteta papira na čvrstoću knjižnog bloka meko uvezane knjige*, Zbornik radova sa Znanstvenog stručnog skupa Tiskarstvo 2009, FotoSoft, veljača 2009., Stubičke Toplice

1.3. Neobjavljena sudjelovanja na skupovima

**Lajić, B., Jurečić, D., Pasanec Preprotić, S.** (2011). *Zaštita ambalaže lijekova od krivotvorenja*, Tiskarstvo 2011, FotoSoft, ožujak 2011., Stubičke Toplice

**Pasanec Preprotić, S., Lajić, B., Babić, D.** (2009). *Rezultati ispitivanja čvrstoće meko uvezane knjige*, Intergrafika 2009, Zagreb



---

## 2. Druge vrste radova

**Lajić, B., Pasanec Preprotić, S.** (2011). *Izložba studentskih radova RUČNA IZRADA KUTIJA*, Galerija u prolazu, Grafički fakultet u Zagrebu, svibanj 2011., Zagreb

**Pasanec Preprotić, S.** (2010). *Ručna izrada knjige - studentski radovi*, Galerija u prolazu, Grafički fakultet u Zagrebu, travanj 2011., Zagreb (Katalog-izložba studentskih radova)

## 3. Neposredni voditelj završnih radova studenata

**Petrović, M.** (2012). Čvrstoća knjige u ovisnosti odnosa papira i ljepila/završni rad - diplomski/integralni studij. Zagreb, Grafički fakultet, 2012, str. 51., Voditelji: dr. sc. Darko Babić, red. prof. i Suzana Pasanec Preprotić

**Kopsa, B.** (2011). *Druga restauracija knjige/završni rad* - diplomski/integralni studij. Zagreb, Grafički fakultet, 2011, str. 73., Voditelji: dr. sc. Darko Babić, red. prof. i Suzana Pasanec Preprotić

**Petrović, M.** (2009). *Ručni uvez knjige/završni rad* – preddiplomski studij. Zagreb, Grafički fakultet, 2009, str. 119., Voditelji: dr. sc. Darko Babić, red. prof. i Suzana Pasanec Preprotić

**Siljan, K.** (2010). *Ručna izrada knjige-tvrđi uvez/završni rad* – preddiplomski studij. Zagreb, Grafički fakultet, 15.09. 2010., str. 92., Voditelji: dr. sc. Darko Babić, red. prof. i Suzana Pasanec Preprotić

**Zdrilić, K.** (2010). *Ručna izrada knjige i greške pri izradi/završni rad* – preddiplomski studij. Zagreb, Grafički fakultet, 08.09.2010, str. 81., Voditelji: dr. sc. Darko Babić, red. prof. i Suzana Pasanec Preprotić

## 4. Voditelj mentor studentskih radova

**Labetić, N., Diklić, J., Jušić, M.** (2011.). *Kako organizirati knjigoveški obrt s tendencijom rasta u firmi*, Proceeding of the 15<sup>th</sup> International Conference on Printing, Design and Graphic Communications Blaž Baromić 2011, pp. 605-611, Croatian Society of Graphic Artists, Croatia, ISBN 978-953-56838-1-0, Croatia, September 2011, Senj

**Baškarad, J., Birta, A., Franjić, P.** (2011.). *Ručni uvez knjige kombinacijom mekog i tvrdog uveza*, Proceeding of the 15<sup>th</sup> International Conference on Printing, Design and Graphic Communications Blaž Baromić 2011, pp. 582-589, Croatian Society of Graphic Artists, Croatia, ISBN 978-953-56838-1-0, Croatia, September 2011, Senj

**Rapaić, A., Filo, N., Kičinbaći, I.** (2011.). *Opis tehnološke proizvodnje mekog i tvrdog uveza knjige I proračun materijala za doradu*, Proceeding of the 15<sup>th</sup> International Conference on Printing, Design and Graphic Communications Blaž Baromić 2011, pp. 669-679, Croatian Society of Graphic Artists, Croatia, ISBN 978-953-56838-1-0, Croatia, September 2011, Senj